

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

Е. Е. Поморцева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ГЕОДАННЫХ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**ХАРЬКОВ
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова
2016**

УДК [910.27:004](075)

ББК 26.1я73+73я73

П55

Рецензенты:

Янцевич А. А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры математических методов в экономике, Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина;

Колгатин А. Г., доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики, Харьковский национальный педагогический университет имени Г. С. Сковороды

*Рекомендовано к печати на заседании
Ученого совета ХНУГХ им. А. Н. Бекетова,
протокол № 13 от 30 июня 2016 г.*

Поморцева Е. Е.

П55 Проектирование баз геоданных: учеб. пособие / Е. Е. Поморцева; Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – 140 с.

ISBN 978-966-695-403-2

Материал пособия состоит из двух разделов, позволяющих не только изучить теоретическую сторону вопроса, но и рассмотреть основные CASE-средства, используемые для проектирования и работы с базами геоданных. Изложенный материал позволяет изучить как модели представления данных, принципы проектирования баз геоданных, так и организацию данных в ГИС-системах, семантическое моделирование данных, построение ER-диаграмм.

Данные теоретические моменты позволят достичь такого уровня компетентности, который позволит эффективно использовать возможности используемого программного обеспечения при решении задач в профессиональной деятельности студентами, создаст основу для самостоятельного освоения новых теоретических знаний и программных продуктов в данной области. Учебное пособие предназначено студентам, аспирантам, а также всем тем, кто желает усовершенствовать свои знания в области геодезии, картографии и землеустройства.

УДК [910.27:004](075)

ББК 26.1я73+73я73

ISBN 978-966-695-403-2

© Е. Е. Поморцева, 2016

© ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ГЕОДАННЫХ	9
1.1 БАЗА ГЕОДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕЕ ОБЪЕКТОВ	9
Модель данных базы геоданных	9
Понятие геоданных	11
Вопросы для самоконтроля.....	16
1.2 БАЗА ГЕОДАННЫХ – ХРАНИЛИЩЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	16
Наборы данных ГИС	18
Вопросы для самоконтроля.....	21
1.3 РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ	21
Векторное представление данных	22
Сеточное представление с помощью растров.....	22
Представление с помощью триангуляции	25
Трехмерные карты.....	28
Вопросы для самоконтроля.....	29
1.4 ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ГЕОДАННЫХ	29
Этапы проектирования базы данных	29
Основные шаги в проектировании базы геоданных.....	32
Проектирование и тематические слои.....	34
Одиннадцать этапов проектирования базы геоданных	35
Вопросы для самоконтроля.....	39
1.5 ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	40
Определение, значение и задачи системной организации данных ..	40
Принципы организации данных в ГИС.....	40
Виды моделей организации данных.....	41
Геореляционная модель данных	42
Вопросы для самоконтроля.....	44
1.6 СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ.....	45
Создание логической модели данных	48
Создание физической модели данных	56
Проектирование хранилищ данных.....	58
Вопросы для самоконтроля.....	60
1.7 ПОСТРОЕНИЕ ER-ДИАГРАММ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ....	61
Инфологическая модель данных	61
Цель инфологического проектирования предметной области	64
Построение ER-диаграммы	67
Отображение ER-диаграмм на реляционной модели	69

Предварительные отношения для бинарных связей 1:1	69
Предварительные отношения для бинарных связей 1:N.....	72
Пространственные таблицы. Топология данных.....	75
Вопросы для самоконтроля.....	76
РАЗДЕЛ 2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ГЕОДАННЫХ.....	77
2.1 АННОТАЦИИ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ	77
Работа со слоем аннотаций в ArcGIS	79
Вопросы для самоконтроля.....	86
2.2 СОЗДАНИЕ ТОПОЛОГИИ.....	87
Общие сведения о топологии	87
Экскурс в историю	88
Задача о семи мостах Кёнигсберга.....	89
Понятие топологии.....	94
Применение топологии	95
Элементы топологии	95
Варианты топологических отношений.....	101
Основные составляющие топологических правил	101
Вопросы для самоконтроля.....	102
2.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ.....	102
Правила для полигонов	103
Правила для линий	107
Правила для точек	111
Создание топологических отношений	112
Построение топологии	113
Вопросы для самоконтроля.....	115
2.4 СЕТИ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ	116
Сети и моделирование с их помощью объектов окружающего мира.	117
Сетевая модель данных.....	119
Сетевые объекты	124
Взаимосвязи пространственных объектов	127
Правила связности.....	127
Вопросы для самоконтроля.....	130
ГЛОССАРИЙ	131
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	139
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	140

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие подготовлено в соответствии с программой учебной дисциплины по выбору «Проектирование баз геоданных», которая имеет профессиональное значение для подготовки бакалавров по направлению «Геодезия, картография и землеустройство».

Учебное пособие состоит из следующих тем:

Раздел 1. Проектирование баз геоданных.

- База геоданных и моделирование ее объектов.
- База геоданных – хранилище географических данных.
- Реализация моделей представления данных.
- Принципы проектирования баз геоданных.
- Организация данных в геоинформационных системах.
- Семантическое моделирование данных.
- Построение ER-диаграмм предметной области.

Раздел 2. Использование CASE-средств для автоматизированного проектирования баз геоданных.

- Аннотации в базах геоданных.
- Создание топологии.
- Использование топологических правил в базах геоданных.
- Сети в базах геоданных.

Цель и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины: изучение основных принципов, методов и средств организации и проектирования баз геоданных (БГД) и современных систем управления базами геоданных.

Задача дисциплины: предоставление сведений о пространственных базах данных и банках данных, информационных системах, в том числе требования, которые к ним предъявляются, принципы проектирования баз геоданных и их состав; овладение одной из современных систем управления пространственными базами данных; обретение навыка по созданию пространственных баз данных с помощью ArcGIS и применение полученных знаний для решения прикладных задач.

Предмет изучения в дисциплине

Предмет дисциплины: технология разработки, создания и использования пространственных баз данных с помощью существующих систем управления пространственными базами данных и применение их для решения задач профессиональной направленности.

В данном учебном пособии рассмотрены основные теоретические понятия и термины, которые помогают овладеть основными принципами проектирования и создания баз геоданных с помощью таких Case-средств как ArcMap и ArcCatalog.

Для улучшения усвоения изложенного материала в конце каждого подраздела учебного пособия приведены вопросы для самоконтроля, что позволит закрепить полученные знания и проконтролировать их освоение.

Профессиональные компетентности, которые формируются в ходе изучения учебной дисциплины «Проектирование баз геоданных».

В процессе обучения студенты получают необходимые знания во время лекционных занятий, закрепляют и углубляют их, приобретая при этом практические навыки и умения при выполнении лабораторных работ. Особое значение имеет индивидуальная работа студентов, при выполнении которой они самостоятельно разрабатывают проект пространственной базы геоданных в среде ArcMap для решения задач управления муниципальными процессами. В процессе работы над проектом студенты приобретают навыки работы с научно-технической литературой, учатся самостоятельно принимать решения и делать выводы. В результате усвоения материала учебного пособия у студентов должны сформироваться следующие компетентности.

Проектные, связанные с использованием основных принципов построения реляционных баз геоданных, анализа атрибутивной информации, разработки и создания баз геоданных (БГД) для решения прикладных геоинформационных задач.

Аналитические, связанные с использованием прикладных пакетов для анализа предметной области в указанные сроки средствами персональных компьютеров, а так же применением полученных сведений для анализа, самостоятельного выбора и освоения новых программных продуктов.

Управленческие, связанные с применением различных прикладных пакетов для комплексной обработки геоинформационных данных и созданием сопроводительной документации.

Принципы, лежащие в основе построения учебного пособия

В данном пособии используются принципы системности и практической направленности с использованием современного программного обеспечения от ведущих разработчиков в области геоинформационных технологий.

Принцип практической направленности предусматривает фундаментальную научную подготовку и активное практическое обучение студентов. Учебное пособие создает условия для формирования обширной теоретической базы для последующего использования этих знаний на практике.

В работе рассматриваются англоязычные версии ArcMap и ArcCatalog, поэтому названия элементов управления, меню, команды и соответствующие им диалоговые окна приводятся на английском языке.

В пособии практическое обучение реализовано на базе метода активной рефлексии. Применение этого метода предполагает изучение и осмысленное повторения студентами операций, которые необходимы для достижения поставленной цели.

Во время изложения материала дается краткое описание теоретических основ и анализируются способы применения полученных знаний, а также рассматривается процесс работы с базами геоданных средствами ArcMap и ArcCatalog. Благодаря этому студенты научатся самостоятельно создавать свои собственные БГД с использованием материалов пособия.

Важно то, что в теоретической части пособия используются задания, которые имеют практическую нацеленность по направлению подготовки студентов. Формирование навыков может осуществляться как под руководством преподавателя в аудитории, так и дома путем самостоятельного изучения изложенного материала.

При выборе материала были учтены ограничения, которые накладывает на учебный процесс количество отведенных кредитов и часов изучения дисциплины. В пособие включен необходимый набор тем, без которых невозможна осмысленная и эффективная работа в плане разработки и последующей работы с пространственными базами геоданных.

В ходе изложения материала были использованы **навигационные подсказки** в виде значков, которые помогут сориентироваться в структуре учебного пособия:

- **полужирное начертание** – термины программ ArcMap и ArcCatalog;
- **курсивное полужирное начертание** – названия, которые вводит студент;

- **ПРИМЕР** – разъяснение, с помощью которого наглядно описано решение задачи.

Усвоение материала данного учебного пособия в полном объеме поможет развить способности к дальнейшему обучению, самостоятельному развитию и овладению Case-средствами для решения задач, связанных с проектированием, разработкой и работой в пространственных базах геоданных.

Учебное пособие апробировано во время аудиторных занятий по дисциплине «Проектирование баз геоданных» студентам Харьковского национального университета городского хозяйства имени А. Н. Бекетова.

РАЗДЕЛ 1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ГЕОДАННЫХ

1.1 БАЗА ГЕОДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕЕ ОБЪЕКТОВ

Определение геоинформационной системы

Геоинформационная система (ГИС) – это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, а также событий, происходящих на нашей планете, в нашей жизни и деятельности.

ГИС-технология объединяет традиционные операции при работе с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта.

Модель данных базы геоданных

База геоданных – это стандартная среда (Access) хранения и управления данными в программном продукте ArcGIS, которая может быть установлена на настольных компьютерах, серверах (включая Web) или мобильных устройствах. В ArcGIS представлен новый подход к хранению и представлению географических данных – объектно-ориентированная модель данных, называется базой геоданных. С помощью этой модели пользователь может создавать объекты с новыми качествами моделируя таким образом объекты реального мира.

Модель данных базы геоданных сближает физическую и логическую модели данных. Объекты данных в базе геоданных представляют собой практически те же объекты, которые были заданы в логической модели данных, например: владельцев, строения, земельные участки, дороги.

Более того, модель данных БГД позволяет реализовать те типы поведения географических объектов, для которых ранее требовалось писать отдельный код (приложение). Реализация этих типов поведения основывается на доменах и правилах проверки корректности объектов, а также на базе многих других функций, которые обеспечивает ArcGIS. А написание кода необходимо только на этапе описания специализированного поведения.

В ArcGIS база геоданных – это географические наборы данных различных типов, хранящихся в общей папке файловой системы – базе данных Microsoft Access или многопользовательской реляционной базе

данных (такой как Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, Informix или IBM DB2). Они могут масштабироваться от маленьких однопользовательских баз данных, основывающихся на файлах, до больших по масштабности групповых, отраслевых (областных) и корпоративных баз геоданных с многопользовательским доступом.

Но база геоданных – это больше, чем просто коллекция наборов данных. Термин **база геоданных** имеет в ArcGIS несколько значений:

- База геоданных – это «родная» для ArcGIS структура данных; она является основным форматом данных, используемая для редактирования и управления данными. Хотя ArcGIS работает с географической информацией, находящейся в различных форматах ГИС, все его мощные функциональные возможности используются именно в базах геоданных.
- База геоданных – это физическое хранилище географической информации, прежде всего использующее систему управления базами данных (СУБД) или файловую систему. Можно получать доступ и работать с физическим экземпляром своих наборов данных непосредственно в ArcGIS или в системах управления базами данных с помощью языка программирования SQL.

Базы геоданных имеют всестороннюю информационную модель для отображения и управления географической информацией. Эта всесторонняя информационная модель реализуется серией простых таблиц с данными, содержащих классы пространственных объектов, наборы растров и атрибуты. Кроме того, расширенные объекты ГИС-данных добавляют ГИС-поведение, правила для управления пространственной целостностью и инструменты для работы с многочисленными пространственными отношениями основных пространственных объектов, растров и атрибутов.

Программная логика базы геоданных обеспечивает общую логику приложения, используемую во всей ArcGIS для доступа и работы со всеми географическими данными в различных файлах и форматах, что включает поддержку работы с самой базой геоданных, а также работу с шейп-файлами, файлами систем автоматизированного проектирования (САПР), гридами, триангуляционными сетями (TIN), данными САПР, изображениями и многими другими источниками ГИС-данных.

Понятие геоданных

Геоданные – это информация о географическом местоположении, хранящаяся в формате, который может быть использован в географических информационных системах (ГИС).

Геоданные могут храниться в базе данных, базе геоданных, шейп-файле, покрытии, растровом изображении, или даже в таблицах dbf или крупномасштабных таблицах Microsoft Excel. Далее приведен список геоданных, которые могут использоваться в программном обеспечении Esri GIS:

- База данных.
- База геоданных.
- Растровое изображение.
- Табличные данные, такие, как таблицы dbf и крупномасштабные таблицы Excel.
- Шейп-файл.
- Покрытие.

Модель данных шейп-файл

Шейп-файл (Shape file) – это простой, нетопологический формат для хранения геометрического местоположения и атрибутивной информации географических объектов. Это векторный формат, разработанный ESRI.

Географические объекты могут быть представлены точками, линиями или полигонами (площадями). Рабочая область, содержащая шейп-файлы, может также содержать таблицы dBASE, которые могут хранить дополнительные атрибуты, доступные для соединения с объектами шейп-файла.

Формат **Шейп-файл** содержит набор файлов с одинаковым названием, но с разным расширением. Эти файлы делятся на обязательные и факультативные (дополнительные). Обязательными являются три файла с расширениями: .shp, .shx, .dbf так как они содержат базовые данные.

Файл формы с расширением .shp (shape file) – это главный файл, который хранит географические объекты в его собственной записи как список координатных пар X,Y.

Файл индекса формы .shx ускоряет вычерчивание всех пространственных объектов в шейп-файле.

Файл атрибутов с расширением .dbf (dBASE file) хранит атрибутивную информацию о пространственных объектах в шейп-файле, как таблицу атрибутов в формате dBASE.

Ниже представлен пример отображения шейп-файлов в ArcCatalog. Можно также просмотреть файл dBASE (который может быть связан с шейп-файлом) (рис. 1.1).

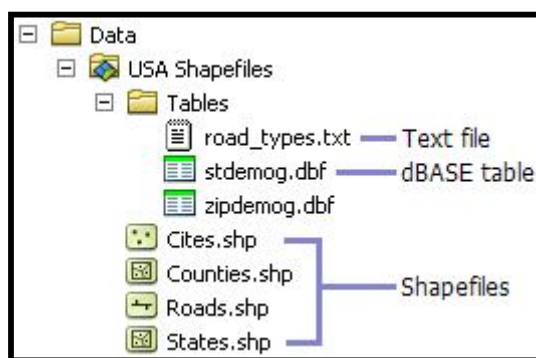


Рисунок 1.1 – Отображение шейп-файлов в ArcCatalog

Шейп-файлы являются простыми, поскольку они хранят примитивные геометрические типы данных – точечные, линейные и полигональные.

Все файлы, которые имеют расширения файлов .txt, .asc, .csv или .tab по умолчанию отображаются в ArcCatalog в качестве текстовых файлов. Однако в диалоговом окне **Опции (Options)** можно выбрать, какие из этих типов файлов должны быть представлены в виде текстовых файлов, и те которые не будут отображаться в дереве каталога. Если текстовые файлы содержат значения, разделенные запятыми или табуляцией – их содержимое можно посмотреть в табличном виде в ArcCatalog и присоединить их к географическим объектам. Текстовые файлы могут быть удалены, однако их содержимое доступно только для чтения в ArcCatalog.

Можно присоединить атрибуты, хранящиеся в таблице dBASE или в текстовом файле, к объектам в шейп-файле, используя для этого диалоговое окно **Свойства (Properties)** для слоя на закладке **Соединения и связи (Joins & Relates)**. В том случае если таблица содержит информацию, описывающую пространственные положения, такие как координаты X,Y,Z или адреса, можно создать шейп-файл, представляющий эти положения с помощью инструментов, доступных в ArcCatalog. Формат **Shapefil** создан для ArcView GIS, он может использоваться также в ARC/INFO, ArcGIS.

Таким образом, таблица записей будет хранить пространственные объекты/атрибуты для каждой примитивной формы в шейп-файле. Формы (точечные, линейные, полигональные), а также данные атрибутов могут создавать бесконечное множество представлений о географических данных. Такое представление данных предоставляет возможности для мощного и точного вычисления.

Модель данных покрытие

Покрывтие – это геореляционная модель данных, хранящая векторные данные. Оно содержит пространственную привязку (местоположение) и атрибутивные (описывающие) данные для географических объектов. Покрывтия используют набор классов пространственных объектов для представления географических объектов. Каждый класс пространственных объектов хранит набор точек, линий (дуг), полигонов или аннотаций (текста). Покрывтия обладают топологией, которая определяет отношения между объектами.

Покрывтие хранится в виде каталога, в котором каждый класс пространственных объектов хранится в виде набора файлов (рис. 1.2). Например, в **ArcCatalog** покрытие отображается со значками, как показано ниже. В этом примере можно видеть, что покрытие ручьев является линейным покрытием, содержащим файл дуг (линий), аннотацию для линии и файл меток. Существует две версии файлов покрытия.

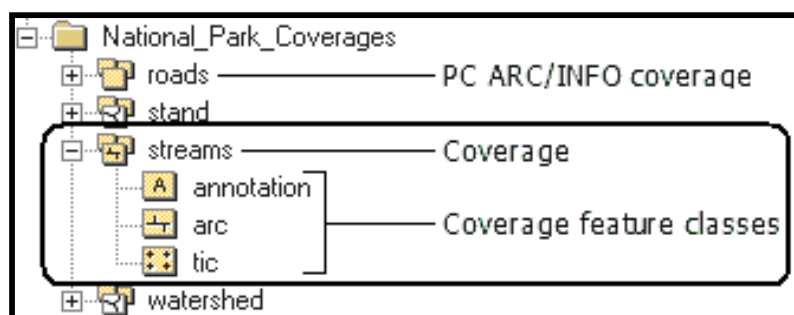


Рисунок 1.2 – Отображение покрытия в ArcCatalog

Пространственные объекты покрытия

Нередко для определения пространственных объектов в покрытии требуется более одного класса объектов. Например, в покрытии, представляющем пространственные объекты полигонов, существуют классы как линий, так и полигонов. Объекты полигонов также имеют точки надписей, ко-

которые отображаются как отдельный класс пространственных объектов. У каждого покрытия есть класс пространственных объектов, содержащий точки меток, которые представляют известные реальные координаты. Эти точки помогают определить экстенд покрытия; они не представляют никаких фактических точек данных в покрытии. На рисунке ниже (рис. 1.3) показаны общие классы пространственных объектов в покрытии. Другие классы пространственных объектов покрытия – секция, маршрут, регион и связь.

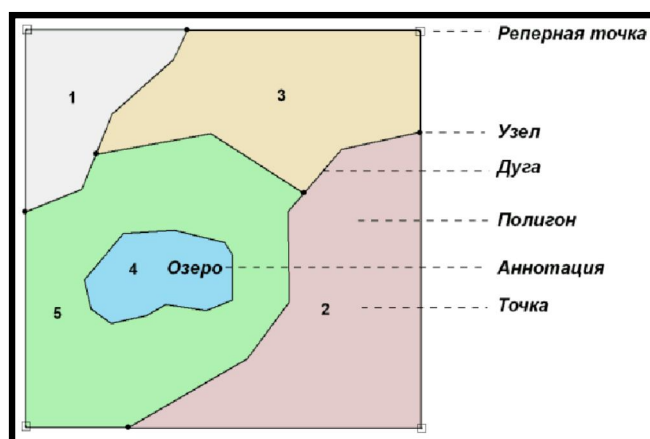


Рисунок 1.3 – Классы пространственных объектов покрытия

Модель данных **Покрытие** использует следующие классы пространственных объектов.

Точка (Point) – используется для представления точечных пространственных объектов или пользовательских идентификаторов ID полигонов. Точка определяется координатной парой X,Y.

Дуга (Arc) – используется для представления линейных пространственных объектов или границ полигонов. Дуга определяется последовательностью координатных пар X, Y начального узла, промежуточных вершин, конечного узла. Дуги топологически связываются через их конечные точки (узлы). Один линейный объект может быть образован многими дугами.

Узел (Node) – представляет конечные точки дуг или пересечение линейных объектов. Узел обладает уникальным идентификатором. Узел может быть топологически связан с набором дуг, которые соединены одна с другой.

Путь (Route) – линейный пространственный объект, составляющий одну или несколько дуг либо часть дуги.

Секция (Section) – это дуга или часть дуги, которая используется для определения пути или для создания путевых блоков.

Полигон (Polygon) – представляет площадные объекты. Полигоны топологически определяются серией дуг, которые формируют их границы, включая дуги, определяющие острова внутри. Пользовательские идентификаторы ID полигонов представляются точками внутри границ.

Регион (Region) – совокупность полигонов, представляющих географический объект.

Аннотация (Annotation) – это текст, используемый для обозначения объектов. Аннотации не имеют топологических связей с другими объектами и не используются для аналитических целей.

Реперная точка (Tic) – это регистрационная точка, определяющая положение известной точки на земной поверхности, для которой известны координаты реального земного пространства. Реперные точки позволяют регистрировать и трансформировать координаты покрытия. Количество реперных точек рекомендуется от четырех и более.

Охват покрытия (Coverage Extent) – это минимальный прямоугольник, ограничивающий покрытие, который представляет территориальный охват покрытия. Охват покрытия определяется предельными координатами X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min} его элементов.

Данные для описания классов пространственных объектов хранятся в соответствующих таблицах атрибутов. Связывание пространственных объектов и атрибутов обеспечивается следующими базовыми положениями:

- пространственные объекты в покрытии существуют в отношении один-к-одному с соответствующими записями в таблице атрибутов пространственных объектов;
- **ArcGIS** поддерживает связь между пространственными объектами и атрибутами посредством уникального идентификатора, назначенного каждому объекту;
- порядковый номер пространственного объекта физически хранится в двух местах покрытия: в файлах, содержащих пространственные данные для каждого пространственного объекта (координатные пары) и ,с соответствующей записью, в таблице атрибутов пространственных объектов. **ArcGIS** автоматически создает и поддерживает эти связи.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое геоданные? Дайте определение геоданным.
2. Какие геоданные могут использоваться в программном обеспечении Esri GIS?
3. Как вы объясните понятие «База геоданных»? Приведите примеры.
4. Дайте определение шейпфайла. Приведите примеры использования.
5. Дайте определение покрытию. Приведите примеры использования.
6. Какие классы пространственных объектов используются в покрытии?
7. Как с помощью пользовательского интерфейса ArcGIS найти данные пространственной привязки слоя?
8. Перечислите элементы «разумного» поведения пространственных объектов.

1.2 БАЗА ГЕОДАННЫХ – ХРАНИЛИЩЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

База геоданных (БГД) может содержать географические данные в четырех представлениях:

- Векторные данные для представления пространственных объектов.
- Растровые данные для представления данных о сети и поверхности.
- Нерегулярные триангуляционные сети (TIN) для представления поверхностей.
- Адреса и локаторы для нахождения географического положения.

Процесс проектирования базы геоданных включает в себя выполнение набора стандартных операций ГИС-проектирования.

ГИС-проектирование включает в себя процесс организации географической информации в группы тематических данных (темы данных), то есть слоев, которые могут быть объединены с использованием сведений об их географическом расположении. Таким образом, можно сделать вывод о том, что процесс проектирования базы геоданных должен начинаться с определения того, какие наборы тем данных будут использованы. После этого нужно определить содержание и представление каждого тематического слоя. Этот процесс включает в себя ответы на следующие вопросы:

- Как географические объекты, а также их табличные атрибуты, будут представлены в каждой теме данных (например, в виде точек, линий, полигонов или растров).

- Как данные будут организованы в таких наборах данных, как классы пространственных объектов, наборы атрибутов, наборы растровых данных.
- Какие дополнительные пространственные элементы и элементы базы данных будут нужны для обеспечения правил целостности данных, для реализации расширенных ГИС-моделей поведения (например, топология, сети и каталоги растров), а также для определения пространственных и атрибутивных отношений между наборами данных.

Географические представления данных

Каждый проект базы данных ГИС основывается на принятии решения о том, какие географические представления будут использоваться для каждого набора данных. Отдельные географические объекты могут быть представлены в виде:

- Классов пространственных объектов (наборов точек, линий и полигонов).
- Изображений и растров.
- Непрерывных поверхностей, которые могут быть представлены в виде пространственных объектов (например, изолиний), растровых изображений (цифровых моделей рельефа) или в виде нерегулярных триангуляционных сетей (TIN).
- Атрибутивных таблиц для данных текстового описания.

Темы данных (слои)

Географические представления организуются в группы тем данных (иногда называемых **тематическими слоями**). Основным составным элементом ГИС является один слой данных, или тема. Тема данных представляет собой набор связанных между собой географических объектов, например дорожная сеть, набор границ земельных участков, типы почв, поверхность рельефа, космический снимок определенного участка земной поверхности (местоположение скважин).

Концепция тематических слоев появилась в начальный период развития ГИС-технологий, когда специалисты изучали способы как представляемую на картах географическую информацию можно было бы разбить на логические информационные слои более эффективно, чем при помощи простого деления на наборы отдельных объектов (дорога, мост, холм, полуостров). Таким образом, эти ГИС-пользователи организовывали информацию в тематические слои, которые могли бы описать распределение гео-

графического явления, а также устанавливали правила их визуализации в различных географических масштабах. Эти слои также имели определенный протокол (правила записи), по которому происходило объединение представлений (в виде наборов пространственных объектов, растровых слоев, атрибутивных таблиц).

Организация тематических слоев является одним из самых важных принципов проектирования базы данных ГИС (рис. 1.4).

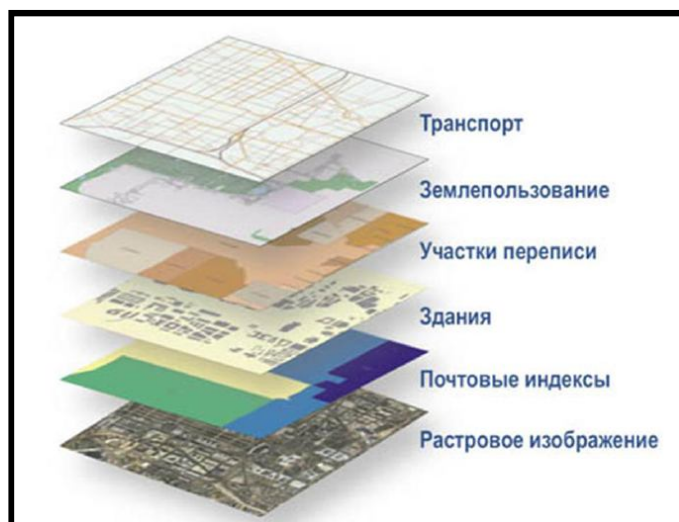


Рисунок 1.4 – Организация тематических слоев

Каждая ГИС содержит множество тем для общей географической территории. Набор тем выступает в роли слоев в группе. С каждой темой можно работать как с набором информации, независимо от других тем. Каждая тема обладает собственными средствами представления (точки, линии, полигоны, поверхности, растры и так далее). Поскольку различные несвязанные между собой темы являются пространственно-координированными (привязанными), то они будут накладываться друг на друга и могут быть объединены при отображении общей карты. Помимо этого, при выполнении операций ГИС-анализа, например наложения, может осуществляться объединение информации между темами.

Наборы данных ГИС

Данные ГИС представляют собой наборы представлений для каждой темы данных. Наборы географических данных могут быть представлены в базе данных ГИС в виде классов пространственных объектов, а также в виде наборов растровых данных.

Многие темы представляются в виде одного набора однородных объектов, например в виде класса пространственных объектов полигонов типов почв или в виде точечного класса пространственных объектов расположений скважин. Другие темы, например транспортная сеть, могут быть представлены в виде нескольких наборов данных (например, в виде пространственно связанных классов пространственных объектов улиц, пересечений улиц, мостов, съездов на автомагистралях).

Наборы растровых данных используются для представления континуальных поверхностей, например рельефа, поверхностей уклонов, экспозиции, а также для представления данных космической съемки, аэрофотосъемки и других наборов данных, значения в которых определены в узлах регулярной сетки – грида (например, тип землепользования или тип растительности).

На определение пространственных представлений в ГИС имеют влияние и существующие источники данных, и те источники данных, которые планируется использовать. При проектировании базы данных пользователи ГИС подразумевают и варианты их применения. Они четко понимают, на какие вопросы должна будет ответить ГИС. Определение этих вопросов поможет определить содержимое каждой темы, а также варианты ее географического представления. Например, существует множество вариантов представления поверхности рельефа: в виде изолиний, подписей отметок высот (отметки вершин высших точек), нерегулярной поверхности рельефа (TIN) или затененного изображения рельефа. Любой из этих способов изображения рельефа может подходить для конкретного проекта базы данных ГИС. Намеченные варианты использования данных помогут определить пространственные представления, которые будут нужны в будущем.

Довольно часто географические представления могут быть в некоторой степени предопределены с учетом доступных источников данных для темы. Если уже имеющиеся данные были собраны в определенном масштабе и уже имеют конкретную форму представления, то довольно часто необходимо адаптировать структуру проекта к использованию уже существующих данных.

Отдельные наборы данных ГИС нередко собираются вместе с другими слоями данных. Хотя любой набор данных ГИС можно использовать отдельно ото всех остальных ГИС-данных, очень часто бывает важно, чтобы собранные данные согласовывались с другими информационными сло-

ями, для поддержки пространственных взаимоотношений и поведения между связанными ГИС-слоями данных.

Вот несколько примеров, иллюстрирующих данную концепцию:

- Гидрологическую информацию о водоразделах и водосборных бассейнах следует собирать вместе с информацией о дренажной сети. Линии водосборов должны попадать внутрь бассейнов. Все остальные слои должны совпадать с поверхностью рельефа.
- Различные слои данных в материалах по земельным участкам должны быть собраны в соответствии с информацией из кадастровых слоев и геодезической информацией, чтобы пространственные объекты земельных участков совпадали с опорной сетью геодезических данных. Множество прочих наборов пространственных объектов (зоны отчуждения, межевые границы, коммуникации, классы зон) должны соответствовать набору данных участков.
- Пространственные отношения между рельефом, ландшафтами, типами почв, уклонами, растительностью, геологией обычно также собирают вместе, характеризуя тем самым природные ресурсы. Научное понимание этих пространственных отношений помогает построить логически согласованную базу данных, где пространственные объекты одного слоя данных соответствуют объектам остальных слоев.
- Гидрографию, транспортные сети, административные границы и прочие слои топографической карты следует компилировать вместе. Эти картографические представления на отображении карты должны быть интегрированы, чтобы с такой картой было удобно работать и можно было обращать внимание на ее ключевые позиции.

В каждом из этих случаев существует модель данных, которая определяет набор связанных тематических данных, соответствующих общей информационной рабочей среде. Каждая рабочая среда по существу, является коллекцией связанных тематических данных, которые собирают вместе. Общие правила сбора данных соответствуют научным принципам их пространственного поведения и взаимосвязей. Каждая тема играет важную роль в целостной характеристике определенного ландшафта.

Например:

- **Ландшафт земной поверхности** (топографические карты, рельеф, дренажная сеть, транспортная сеть, объекты карты, границы между странами).

- **Городской ландшафт** (здания и сооружения, жизненно важная инфраструктура).
- **Ландшафт изображений** (спутниковая и авиасъемка, местное, региональное и национальное покрытия).
- **Человеческий ландшафт** (демография (характеристики населения), культурные центры, гражданство, административные районы и зоны).
- **Ландшафт рабочей силы** (мобильное отслеживание перемещений рабочей силы, сервисные центры, дорожные условия, товарные склады).
- **Сенсорный ландшафт** (местоположения камер и прочих устройств).
- **Ландшафт операций и планов** (контролируемые зоны, планы перемещений, реагирования на чрезвычайные ситуации).

Данная концепция интегрированного сбора тематических данных является одним из ключевых принципов проектирования, используемых в моделях данных ArcGIS.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких представлениях БГД может содержать географические данные?
2. Для чего используются темы данных (слои)? Приведите примеры.
3. Поясните слоевой принцип хранения географической информации.
4. Что такое наборы данных в ГИС? Приведите примеры.
5. Какие виды ландшафтов вы знаете? Приведите примеры.
6. Кто из известных русских географов предложил делить геокомплексы на три группы?

1.3 РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Пространственная база данных может моделировать поверхности тремя способами:

- в виде растра;
- с помощью изолиний;
- как нерегулярную триангуляционную сеть.

Каждый способ имеет свои достоинства, нужно лишь отметить, что TIN обладает особыми аналитическими возможностями, растр позволяет выполнять различные анализы.

Векторное представление данных

Векторные данные представляют пространственные объекты в виде точек, линий и полигонов (рис. 1.5) и лучше всего подходят для дискретных объектов с определенными формами и границами.



Рисунок 1.5 – Векторное представление данных

Пространственные объекты имеют точную форму и положение, атрибуты и метаданные, поведение.

Сеточное представление с помощью растров

С помощью растровых данных представляют непрерывные данные или изображения (рис. 1.6). Каждая ячейка (или пиксель) в растре характеризует собой измеряемую величину.



Рисунок 1.6 – Растровое представление данных

Наиболее типичным источником для набора растровых данных является космическое изображение или аэрофотоснимок. Набор растровых данных также может быть фотографией объекта, например, здания. Набо-

ры растровых данных лучше всего служат для хранения и работы с непрерывными данными, такими как высота, уровень грунтовых вод, концентрация загрязняющих веществ и уровень шумового фона.

Растровые поверхности

Данные о рельефе могут быть представлены в форме регулярной сетки со значениями высот в ячейках. Примером могут служить данные поставляемые в виде продукта под названием Digital Elevation Model (DEM) – **Цифровая модель рельефа** (рис. 1.7).

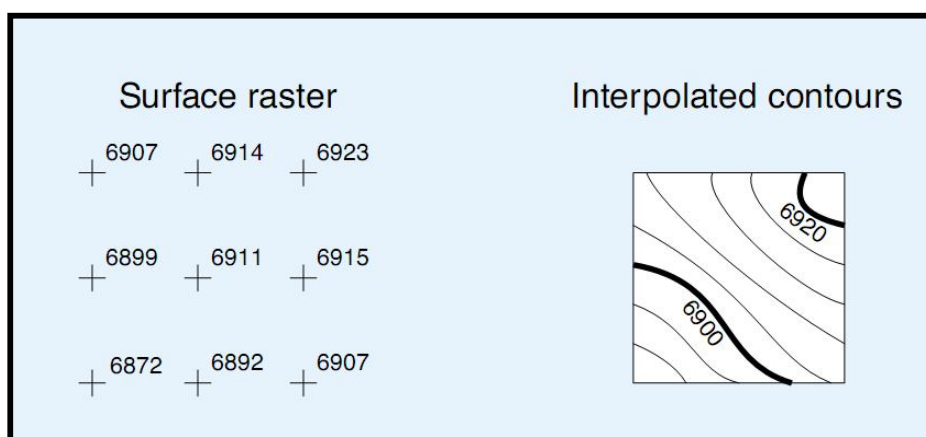


Рисунок 1.7 – Фрагмент карты, полученный на основе цифровой модели рельефа

Набор растровых данных может хранить равномерно распределенные отметки высот. Каждая ячейка растра хранит свое значение высоты. Из набора растровых данных с высотами можно рассчитать высоту любой точки на поверхности и получить набор изолиний. Преимущества наборов растровых данных состоят в следующем:

- Это простая модель. Хранение данных компактно.
- Имеется множество хорошо разработанных алгоритмов для обработки растровых данных.
- Модели рельефа в растровом формате имеются в достатке и относительно дешевы.

Недостаток наборов растровых данных заключается в следующем – жесткая структура сетки не адаптивна к изменениям рельефа.

Растровые данные можно использовать:

- как фон для отображения карты;
- как источник для дешифрирования объектов;

- для сеточного представления поверхностей;
- для моделирования пространственных процессов, например, динамики распространения.

Наборы растровых данных

Программное обеспечение ГИС может быстро выполнять картографическое наложение (**overlay**) многих наборов растровых данных.

Набор растровых данных (**raster dataset**) хранит двухмерную матрицу, в каждой ячейке (**cell**) которой хранится измеренное, интерполированное или каким-либо способом вычисленное значение. Все ячейки имеют одинаковую ширину (**width**) и высоту (**height**) (рис. 1.8).

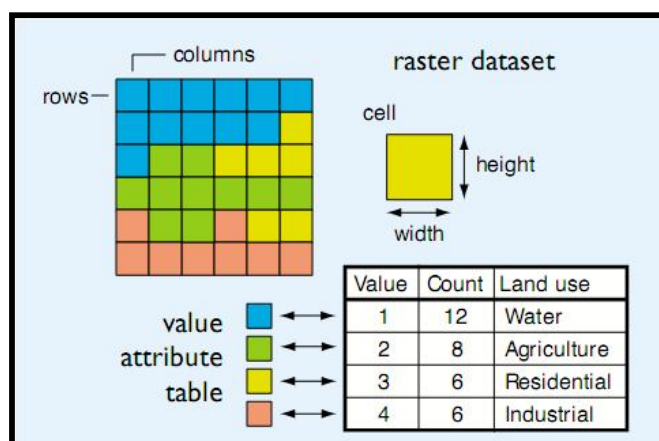


Рисунок 1.8 – Пример покрытия в ArcCatalog

Географические координаты верхнего левого угла сетки вместе с размерами ячейки и количеством их строк (**rows**) и столбцов (**columns**) однозначно определяют пространственный экстенд набора растровых данных.

Значения (**value**) ячеек могут быть целыми числами или числами с плавающей точкой. Вот некоторые характерные признаки, представляемые в ячейках растра:

- Коэффициент отражения света (альбедо) на фотографии.
- Интенсивность света в определенной части спектра на снимках из космоса.
- Тематический атрибут, например, тип землепользования, или тип объекта, такой как «здание» или «улица».
- Z-значение, такое как абсолютная высота или концентрация.

С набором растровых данных можно ассоциировать таблицу атрибу-

тов растра (**attribute table**). Такая таблица содержит атрибуты значений, которые хранятся в ячейках растра. Также можно добавлять собственные атрибуты, присоединяя новые столбцы к этой таблице.

Набор растровых данных может иметь один или более каналов. Все каналы набора растровых данных используют одну и ту же сетку, но значения ячеек в них – разные. Многоканальные растры чаще всего используются для хранения многозональных космических снимков и фотографий.

Представление с помощью триангуляции

Триангуляционная сеть (TIN) является полезным и эффективным средством фиксирования поверхности участка земли (рис. 1.9).

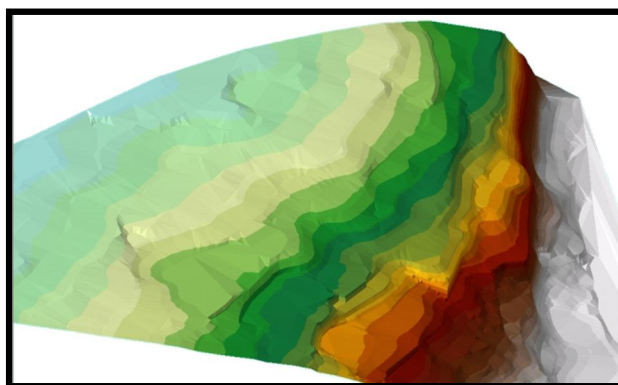


Рисунок 1.9 – Изображение рельефа земной поверхности с помощью TIN

TIN поддерживает изображения в перспективе. Можно наложить фотографическое изображение поверх TIN для фотореалистического отображения рельефа местности. TIN являются особенно полезными для моделирования:

- водосборов;
- линии прямой видимости;
- крутизны;
- экспозиции;
- хребтов и рек;
- измерений объемов.

При помощи TIN можно моделировать точки, линии и полигоны. Разбивка на треугольники производится по множеству массовых точек (**mass points**), каждая из которых образует кортеж X, Y, Z. Линии перегиба (**breaklines**) обозначают тальвеги, гребни и другие линейные неоднородности, областями исключения (**exclusion areas**) – полигоны с одинаковой вы-

сотой, такие как озера или границы строительного участка. С помощью TIN, используя линейную интерполяцию или алгоритм сглаживания, можно построить карту с изолиниями.

Нерегулярные триангуляционные сети

Нерегулярная триангуляционная сеть служит эффективной и точной моделью для описания непрерывных поверхностей. Программное обеспечение по работе с TIN включает множество функций анализа поверхностей.

Набор данных TIN можно построить следующим образом:

1. Получить набор точек с координатами X , Y , Z (рис. 1.10) с помощью фотограмметрических инструментов, GPS приемников или каким-либо иным способом. Установить линии перегиба там, где форма поверхности резко меняется (гребни, тальвеги). Определить области исключения для горизонтальных участков (водные поверхности).

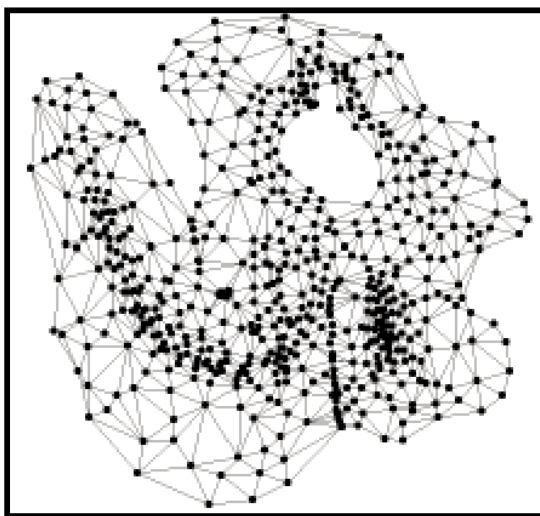


Рисунок 1.10 – Пример покрытия в ArcCatalog

2. По этим точечным данным программное обеспечение ГИС создаст оптимальную сеть треугольников, называемую триангуляцией Делоне, при которой грани в TIN создаются как можно более похожими на равносторонние треугольники.

Для любой точки с координатами X , Y , Z с помощью TIN можно рассчитать высоту, сначала находя содержащую эту точку грань, и затем интерполируя значение высоты в ее пределах.

TIN является эффективным методом представления поверхностей,

так как плотность точек в любой части поверхности может быть пропорциональна пересеченности рельефа. Для плоской равнины достаточно малой плотности точек. Горный или холмистый рельеф требует высокой плотности точек, особенно на участках резких перепадов высот.

Элементы TIN

TIN может представлять точки, линии и полигоны (рис. 1.11).

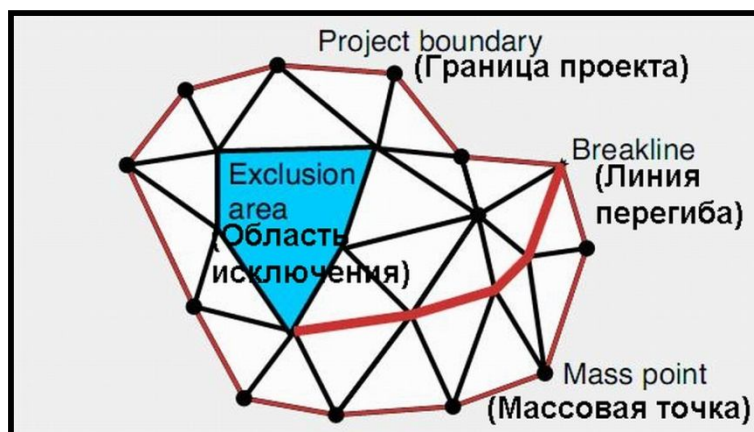


Рисунок 1.11 – Пример покрытия в ArcCatalog

Массовые точки – это точки с известными координатами X, Y, Z. Их можно получить с помощью фотограмметрических инструментов, GPS приемников или из конвертированных данных.

Линии перегиба очерчивают резкие неоднородности рельефа местности. Их используют для моделирования таких поверхностей, как водотоки, гребни, края строительных площадок и другие участки искусственного происхождения.

Области исключения представляют собой строго горизонтальные участки. Обычно это водные поверхности.

Граница проекта позволяет исключать поверхность за пределами области интереса. Это может быть важным при расчете объемов.

Визуализация TIN

Есть несколько способов визуализации поверхности, представленной TIN. На планиметрической (плоской) карте можно отобразить TIN цветами, показывающими высоту, уклон и экспозицию граней.

С помощью дополнительного модуля ArcGIS можно также получить трехмерные перспективные виды поверхности, на которую можно накладывать растровые изображения, изолинии, картографическую сетку и дру-

гие объекты.

Изображения можно получить при помощи спутниковых съемочных систем или аэрофотосъемке. Так как сегодня это наименее дорогой способ получения больших объемов географических данных, изображения являются важной составляющей многих пространственных баз данных.

База геоданных реализует представление векторных данных посредством наборов классов объектов (**feature datasets**) и классов пространственных объектов (**feature classes**), представление растровых данных – посредством наборов растровых данных (**raster datasets**), представление триангуляции – посредством нерегулярных триангуляционных сетей (**triangulated irregular network**).

Трехмерные карты

Формирование рельефа трехмерных карт осуществляется непосредственно по высотным данным карт – горизонталям, отметкам высот. В зависимости от решаемых задач рельеф может формироваться с разными степенями сглаживания, в целях повышения производительности в ущерб точности рельефа или наоборот.

При отсутствии высотных данных карт можно использовать открытый ресурс – данные спутникового сканирования земли.

На трехмерных картах автоматически формируются типовые высотные объекты, вид которых можно настраивать (здания, деревья, бензозаправки, вертикальные тексты, остановки транспорта и т.п.) (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Фрагмент трехмерной карты

Точная трехмерная (3D-сцена), необходимая для решения задач безопасности, проектирования видеонаблюдения и т.п. автоматически формируется непосредственно на картах с 3D-моделями, которые можно изготавливать в 3D-студиях и размещать на картах взамен типовых представлений объектов. Для разных степеней приближения можно использовать приближенные или точные модели, что обеспечивает возможность создания и использования 3D-сцен на больших территориях при достаточной производительности компьютера.

Трехмерные карты используются в ГИС технологиях безопасности, для определения зон видимости и проектирования различных видов связи, прогнозирования разливов рек и водоемов, дорожном проектировании, пространственной навигации.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом моделируются поверхности в БГД?
2. Какие виды представления геоданных вы знаете? Приведите примеры.
3. В чем преимущества и недостатки растрового хранения геоданных?
4. Что такое триангуляционная сеть (TIN)? В каких целях она используется?
5. Опишите из каких элементов состоит TIN.
6. Какова последовательность создания триангуляционной сети?
7. В каких целях используется визуализация TIN?
8. Что такое трехмерная карта и в каких целях она может быть использована?

1.4 ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ГЕОДААННЫХ

Этапы проектирования базы данных

Процесс проектирования базы данных (БД) начинается с анализа источников пространственных данных и требует ответа на ряд основных вопросов:

- Имеется ли возможность сбора, хранения и обновления данных?
- Каковы ожидаемые объёмы данных, и каковы их форматы?
- Какой объём данных необходимо преобразовать в цифровую форму, сколько времени это займёт, сколько будет стоить?
- Каково качество и надёжность данных?
- Какого рода сложности могут возникнуть при обработке собранных данных?

До настоящего момента было описано две модели пространственной информации: объектную и полевую. Эти модели основаны на возможности их использования для моделирования данных, включающих понятия, присущие пространственно-ориентированной предметной области. Рассмотрим классический способ построения моделей с точки зрения проектирования баз данных.

При проектировании базы данных организацию данных рассматривают на трех уровнях (рис. 1.13): информационно-логическом (инфологическом), логическом и физическом. Этим уровням соответствуют этапы проектирования баз данных.

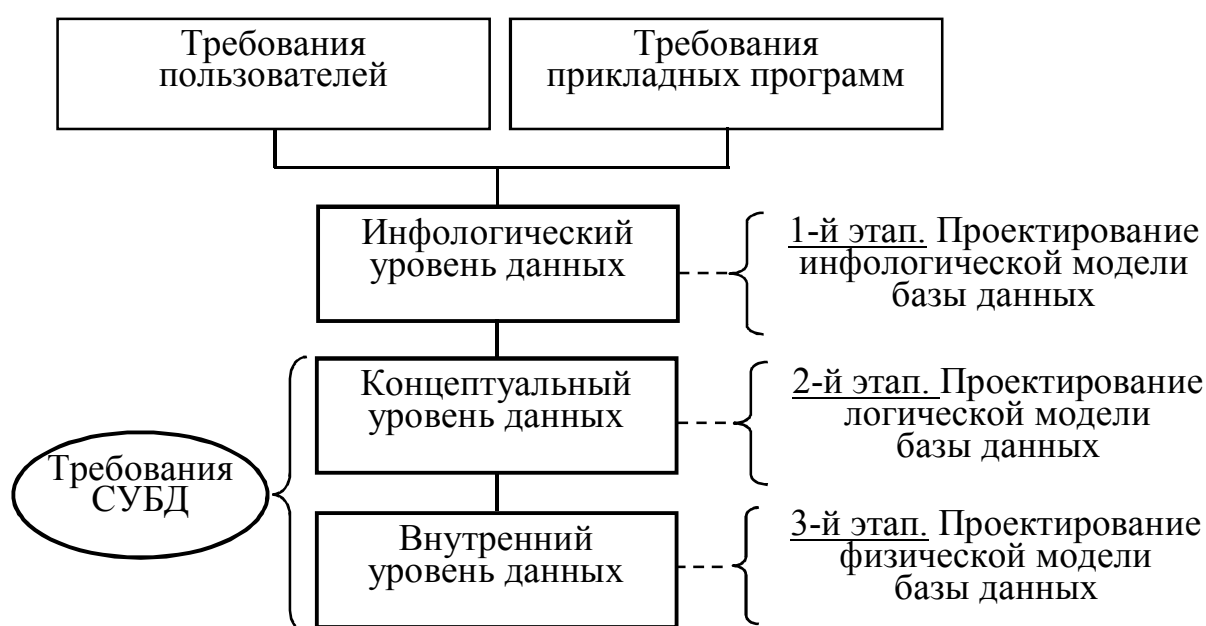


Рисунок 1.13 – Уровни и модели представления баз данных

Этап 1. Проектирование инфологической модели базы данных

На первом этапе осуществляется анализ предметной области для решения задач, требований пользователей и прикладных программ.

Целью инфологического проектирования является создание инфологической (концептуальной) модели предметной области, для которой разрабатывается база данных.

В инфологической модели определяются информационные объекты предметной области (имена и атрибуты объектов), связи между объектами и запросы на получение определенной информации для пользователей. Все информационные объекты представляются в форме схем отношений:

Имя отношения (Атрибут 1, Атрибут 2, ..., Атрибут N)

Подробности фактической реализации остаются за пределами данного этапа процесса проектирования. Для отображения инфологической модели данных часто используется обычный текст в сочетании с простой, но непротиворечивой графической нотацией. Модель «сущность-связь» (**ER Model** – entity relationship model) – одно из наиболее распространенных средств инфологического проектирования.

Этап 2. Проектирование логической модели базы данных

На втором этапе осуществляется переход от инфологической модели к логической. Логическая модель описывает объекты и их связи на формальном уровне. Она представляет собой базу данных, структурированную на логическом уровне и ориентированную на конкретную СУБД.

Данные в СУБД организованы в соответствии с моделью реализации. Примерами моделей реализации являются иерархическая, сетевая и реляционная модели. Реляционная модель является одной из наиболее распространенных в современных коммерческих базах данных. В этой модели типы данных, связи и ограничения моделируются как отношения (**Relations**). В реляционной модели формальный язык запросов построен на основе реляционной алгебры. Реляционная алгебра состоит из простых операций, позволяющих формулировать запросы к данным, организованным в виде отношений.

Реляционная база данных может ответить на любой запрос, который можно выразить средствами реляционной алгебры – общепринятой модели традиционных приложений реляционных баз данных. В отличие от этого, общепринятой математической модели представления географической информации не существует, что усложняет проектирование языков пространственных запросов и пространственных баз данных.

Этап 3. Проектирования физической модели базы данных

Физическая модель данных определяет способ размещения данных непосредственно на машинном носителе, учитывает распределение данных, методы доступа и способы индексирования. В современных прикладных программных средствах этот уровень организации обеспечивается автоматически без вмешательства пользователя. База данных создается в виде набора взаимозависимых файлов в современных системах управления

базами данных (СУБД) (Paradox и dBase), или все данные и средства работы с ними сохраняются в одном файле базы данных (Microsoft Access). Поэтому при выборе СУБД надо учитывать и особенности физической организации базы данных.

Основные шаги в проектировании базы геоданных

Рассмотрим пять шагов проектирования баз геоданных.

Шаг 1. Моделирование видения данных пользователями

Необходимо провести опрос пользователей, определить структуру организации, проанализировать требования конечного пользователя базы геоданных (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 – Результат выполнения шага 1 в проектировании БГД

Далее необходимо:

- определить функции организации;
- определить данные, необходимые для поддержки этих функций;
- организовать данные в логические группы.

Шаг 2. Определение объектов и отношений

После этого можно приступать к формированию логической модели данных с набором объектов и их взаимосвязями.

Для этого необходимо выделить и описать объекты, фигурирующие в БГД, определить отношения между объектами, задокументировать модель в виде схемы (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Результат выполнения шага 2 в проектировании БГД

Шаг 3. Выбор географического представления

Теперь необходимо определить, какое из представлений наиболее соответствует рассматриваемым данным: вектор, растр, поверхность TIN.

После этого можно представить дискретные объекты в виде точек, линий и полигонов. Непрерывные объекты можно охарактеризовать с помощью растров. Поверхности можно смоделировать с помощью TIN или растров (рис. 1.16).

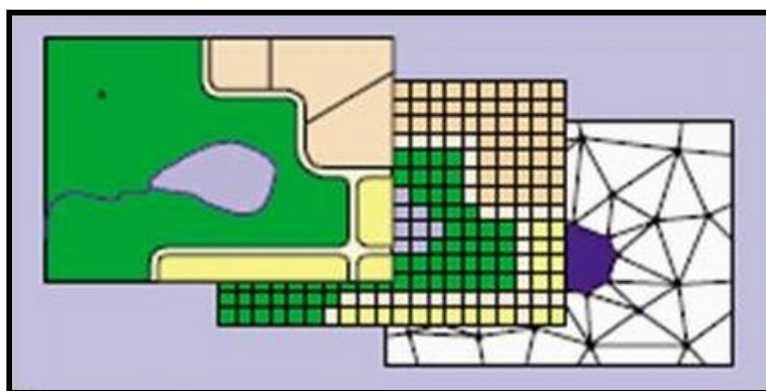


Рисунок 1.16 – Результат выполнения шага 3 в проектировании БГД

Шаг 4. Согласование с элементами базы геоданных

После выполнения первых трех шагов будет понятно, каким образом отображать объекты логической модели данных в элементы базы геоданных.

На этом шаге необходимо определить геометрические типы дискретных пространственных объектов, отношения между пространственными объектами и типы атрибутов объектов (рис. 1.17).

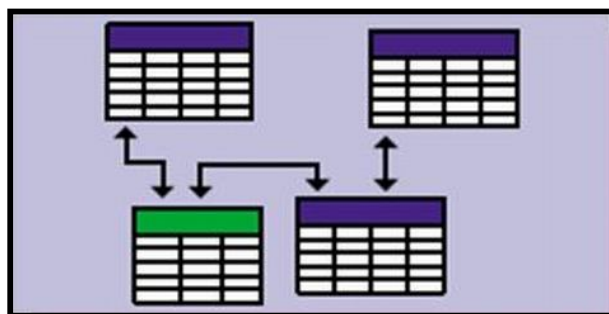


Рисунок 1.17 – Результат выполнения шага 4 в проектировании БГД

Шаг 5. Организация структуры базы геоданных

Теперь можно приступить к формированию структуры базы геоданных с учетом тематических группировок, наборов необходимых объектов и топологических связей между ними. Необходимо организовать системы пространственных объектов, определить топологические связи, задать систему координат и определить отношения и правила (рис. 1.18).

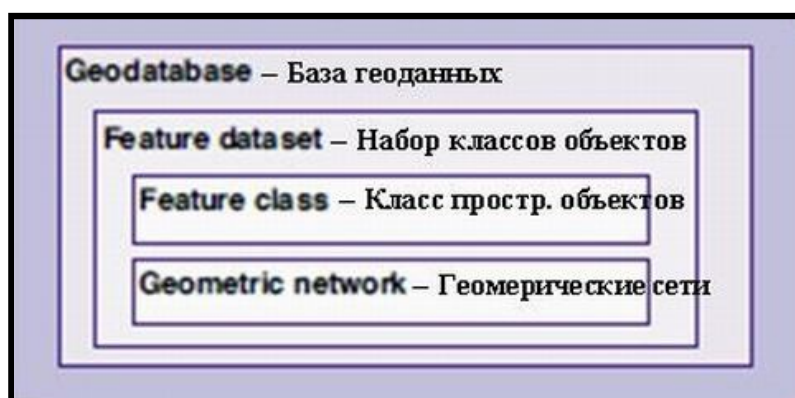


Рисунок 1.18 – Результат выполнения шага 5 в проектировании БГД

Проектирование и тематические слои

Прежде всего необходимо определить тематические слои, которые понадобятся для осуществления обозначенных целей, а также тематические данные характеризующие данную территорию. Затем вам необходимо составить подробное описание каждого тематического слоя, так чтобы оно представляло собой подробную характеристику стандартных элементов данных базы геоданных, таких как классы пространственных объектов, таблиц, классов отношений, наборов растровых данных, подтипов, доменов и так далее.

При определении тематических слоев в процессе проектирования нужно установить для каждой темы данных такие свойства, как визуальное

представление, планируемое использование в ГИС, потенциальные источники данных, а также уровень точности. Например, в каких масштабах и в каких экстендах нужно будет использовать эту информацию, и как элементы этих тем данных будут отображены в каждом из масштабов? Ответы на эти вопросы помогут описать содержимое на высоком уровне, которое планируется для включения в каждую из тем данных.

После того как будут определены основные тематические слои в проекте, необходимо предпринять следующие шаги: составить подробные описания для представления содержимого каждого тематического слоя в физической реализации базы данных. Составить список масштабов и экстендов, с которыми нужно будет работать. Для каждого из них описать вид, в котором должны быть представлены географические объекты (точка, линия, полигон, растр, поверхность или табличные атрибуты). Далее опишите каким образом данные должны быть организованы в классах пространственных объектов, таблицах и отношениях, как должны быть использованы пространственные ограничения и ограничения в базе данных при реализации моделей поведения в ГИС.

Одиннадцать этапов проектирования базы геоданных

Одиннадцать описанных ниже этапов представляют собой этапы стандартного процесса проектирования базы данных ГИС. Первичные этапы проектирования с первого по третий помогают определить и описать каждый тематический слой. На этапах с четвертого по седьмой определяются свойства представления (визуализации), параметры отношений и затем определение элементов базы геоданных и их свойства. На этапах с восьмого по девятый определяются процедуры сбора данных и производится распределение обязанностей по сбору данных. На последних этапах тестируются и уточняются параметры проекта посредством нескольких первичных реализаций. На последнем этапе создается документация.

Этап первый

Необходимо определить информационные продукты, которые будут созданы и которыми будут управлять конечные пользователи посредством разрабатываемой ГИС. Проект базы данных ГИС должен учитывать режим работы организации. Необходимо также учесть сбор и обслуживание наборов картографических продуктов, аналитических моделей, веб-приложений картографирования, информационных потоков, отчетов баз

данных, ключевых обязанностей, 3D-представлений и других целевых требований для организации-заказчика. Перечислить источники данных, которые используются в текущей работе, использовать их в соответствии с требованиями дизайна имеющихся данных. Определиться с основными двумерными и трехмерными базовыми картами для нужд заказчика. Решить, в каких диапазонах масштабов будут отображаться базовые карты при осуществлении с ними операций перемещения, увеличения, уменьшения и исследования их содержания.

Этап второй

Необходимо определить основные темы данных на основании требований к информации. Определить более детально некоторые ключевые особенности каждой темы данных. Определить использование набора данных: редактирование, ГИС-моделирование и ГИС-анализ, представление рабочих потоков или для картографирования и 3D-визуализации. Установить варианты использования карт, источники данных, пространственные представления для каждого указанного картографического масштаба. Определите точность данных и составьте указания по сбору данных для каждого картографического представления и 3D-вида. Необходимо определить как будут отображаться темы данных, какие условные знаки будут использоваться, выбрать текстовые надписи и аннотации. Необходимо установить, как каждый картографический слой будет отображаться вместе с другими базовыми слоями. При определении параметров моделирования и анализа необходимо установить то, как информация будет использована с другими наборами данных (например, каким образом они смогут быть сгруппированы или интегрированы). Это поможет вам определить некоторые пространственные отношения и правила обеспечения целостности данных. Проверьте, подходят ли эти свойства отображения 2D и 3D карт и анимаций для дизайна вашей базы данных.

Этап третий

Необходимо определить диапазоны масштабов и пространственные представления каждой темы данных в каждом масштабе. Сбор данных производится для использования в фиксированных диапазонах масштабов карты. Связать географическое представление с каждым масштабом карты. Географическое представление часто изменяется в зависимости от масштаба карты (например, с полигонального отображения на линейное или

точечное). Во многих случаях может потребоваться генерализовать представления пространственных объектов для их использования в более мелких масштабах. Растры можно переклассифицировать с помощью пирамидных слоёв. В других ситуациях бывает необходимо собрать альтернативные представления для карт различных масштабов.

Этап четвертый

Необходимо произвести разделение каждого представления в один или несколько географических наборов данных. Делимые (дискретные) пространственные объекты могут быть смоделированы в виде классов объектов точек, линий и полигонов. Можно также использовать расширенные типы данных: например топологию, сети и поверхности TIN, для моделирования отношений между элементами в слое, а также между целыми наборами данных. При работе с наборами растровых данных можно использовать наборы мозаик и каталогов растров для управления очень большими наборами растров. Поверхности могут быть смоделированы посредством таких объектов, как изолинии, а также с помощью растров и цифровых моделей рельефа (наборов данных terrain).

Этап пятый

Необходимо определить табличную структуру базы данных и модели поведения для описания атрибутов, определить атрибутивные поля и типы столбцов. Таблицы также могут включать в себя атрибутивные домены, отношения и подтипы. Определить любые корректные значения, диапазоны атрибутов и классификации (для использования в качестве доменов). Используйте подтипы для управления моделями поведения. Определите табличные отношения и связи для классов отношений.

Этап шестой

Необходимо определить пространственные модели поведения и правила целостности для наборов данных. При работе с пространственными объектами можно добавить модели поведения и функциональные возможности для различного использования средств топологии, локаторов адресов, сетей, цифровых моделей рельефа (terrain). Например, можно использовать топологию для моделирования пространственных отношений разделяемой геометрии объекта, а также для обеспечения целостности данных. Для поддержки функций геокодирования можно использовать локаторы адресов. Для трассировки и поиска путей – сети. Для работы с рас-

трами можно при необходимости использовать наборы растровых данных или каталоги растров.

Этап седьмой

После выполнения первых шести этапов начинается непосредственно разработка проекта базы геоданных. Для этого следует определить набор элементов базы геоданных, который необходимо представить в проекте для каждой из тем данных, изучить существующие варианты проекта для обзора методов и подходов, которые успешно используются. Можно воспользоваться лучшими образцами моделей данных ArcGIS.

Этап восьмой

Необходимо проектировать рабочие потоки редактирования и свойства отображения карт. Определить процедуры редактирования и правила целостности данных (например, все улицы должны разбиваться в том месте, где они пересекают другие улицы, и сегменты улиц связаны соединениями в конечных точках). Спроектировать рабочие потоки редактирования, которые помогут обеспечить соблюдение правил целостности для этих данных. Определите свойства отображения карт и 3D-представлений. Определите свойства отображения карт для каждого из масштабов. Эти свойства будут использованы при определении картографических слоев.

Этап девятый

Необходимо распределить обязанности по созданию и обслуживанию каждого слоя данных. Определить, ответственного за работу по обслуживанию данных в вашей организации, или передать эту работу подрядным организациям. Понимание этих ролей очень важно. Необходимо спроектировать процедуры конвертации и трансформации данных, которые будут использованы для импорта и экспорта данных, находящихся в подрядных организациях.

Этап десятый

Необходимо создать работающий прототип проекта. Пересмотреть и, при необходимости, исправить неудачные моменты. Протестировать прототип проекта. Создать образец копии базы геоданных предполагаемого проекта с помощью файловой или персональной базы геоданных либо с помощью многопользовательской базы геоданных. Построить карты, запустить ключевые приложения и выполнить операции редактирования для тестирования пригодности проекта. На основании результатов тестирова-

ния вашего прототипа произвести проверку и совершенствование проекта. Как только будет создана рабочая схема, произвести загрузку большого набора данных для оценки работоспособности, производительности, масштабируемости системы, а также свойств рабочих потоков по управлению данными. Это очень важный шаг. Следует проверить пригодность проекта до момента загрузки всех данных проекта в базу геоданных.

Этап одиннадцатый

Составление документации проекта базы геоданных. Для описания проекта базы данных могут быть использованы различные методы: схемы, примеры слоев карты, визуальные изображения схемы базы данных, простые отчеты и документы метаданных. В настоящее время принято работать с языком составления графических нотаций – UML. Однако использование только UML не достаточно. UML не может представить все географические свойства и решения, которые должны быть приняты. Точно также, в UML нет возможности описания ключевых свойств ГИС-проекта, например, организации тематических данных, правил топологии и связности сети. UML не может обеспечить возможность учета пространственного компонента в проекте. Многие предпочитают использовать возможности офисного приложения MS Visio для создания графических представлений схем своих баз геоданных наподобие тех, которые публикую вместе с моделями данных ArcGIS. Программное обеспечение от разработчика Esri предоставляет инструмент, который может помочь использовать некоторые графические составляющие элементов разработанной модели данных с помощью Microsoft Visio.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите и опишите этапы проектирования баз данных.
2. Каким образом создается физическая модель геоданных в современных прикладных программных средствах?
3. Опишите основные шаги проектирования БГД.
4. Насколько важно разбиение информации по тематическим слоям при проектировании БГД? Приведите примеры.
5. Приведите примеры использования методов абстракций высокого уровня при проектировании БГД.
6. Опишите этапы проектирования БГД.

1.5 ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Определение, значение и задачи системной организации данных

Организацией данных называют процесс сведения разнородных данных и моделей в единую логически непротиворечивую модель, которую в дальнейшем можно будет эффективно применять в различных технологиях анализа и управления.

Собранные данные могут храниться в виде наборов или файлов. Кроме того, при сборе данные могут организовывать связанные совокупности, называемые моделями. Для того чтобы разнородные данные и модели можно было обрабатывать в единой системе, они должны быть упорядочены и сведены к единой информационной модели, в которой они будут дополнять друг друга. Результатом организации данных является создание такой информационной модели, которая позволяет организовать эффективное хранение в базе данных и эффективную обработку в информационных системах и различных технологиях. Организация данных придает качественно новые свойства гео данным. Именно организация данных дает возможность использовать географические данные при решении широкого круга прикладных задач управления, анализа, логистики, планирования, проектирования, прогнозирования, использования ресурсов, мониторинга.

Принципы организации данных в ГИС

Существует множество структур данных, используемых для представления географических объектов, в зависимости от потребностей в данных и их последующего использования. Наибольшее распространение получили два общепринятых принципа организации моделей пространственных данных:

- принцип послойной организации информации (его часто называют классическим);
- объектно-ориентированный принцип организации данных.

Послойный принцип организации информации

Реальный мир состоит из множества географических объектов. Декомпозиция реального мира может быть выполнена путем стратификации –

процедуры, которая разбивает множество географических объектов на страты или слои, удобные для обработки и анализа. В результате изучаемая область реального мира представляется набором слоев взаимосвязанных данных.

Послойный принцип организации информации заключается в том, что данные о территории организуются в виде набора тематических слоев. Слой состоит из однородных данных, объединяемых общей тематикой. Например, в один слой выносятся все объекты гидрографии, или все шоссейные дороги, или все, что относится к растительному покрову.

Объектно-ориентированный принцип организации данных

Этот принцип появился относительно недавно и связан с объектно-ориентированным подходом, типовым для современного программирования. При этом группировка объектов соответствует их логическим взаимосвязям. Объектно-ориентированный принцип организации данных в ГИС фокусирует внимание не столько на общих свойствах объектов (моделируемых через деление на слои в предыдущем подходе), сколько на их положении в какой-либо сложной иерархической схеме классификации и на взаимоотношениях между объектами. При помощи этого принципа удобно отображаются различные родственные и иерархические отношения соподчиненности, функциональные связи между объектами. Такой подход ближе к структуре человеческого мышления. Он наиболее эффективен в тех случаях, когда необходимо использование логических взаимосвязей объектов, но мало полезен при непрерывном распределении в пространстве каких-либо признаков (рельеф, удельное содержание того или иного полезного ископаемого, загрязнение почвы тяжелыми металлами).

Виды моделей организации данных

Принципы организации данных определяют соответствующие модели организации данных:

- геореляционная;
- объектно-ориентированная;
- объектно-реляционная.

Широкое распространение получили модели данных ESRI:

- геореляционная модель организации данных в виде модели данных «Шейп-файл» и модели данных «Покрытие»;

- объектно-ориентированная модель организации данных в виде модели данных «База геоданных».

На рисунке 1.19 представлена иерархия моделей данных ESRI от общего верхнего уровня моделей географических объектов до нижнего специального уровня организации данных.

На рисунке 1.19 модель данных «База геоданных» представлена как ветвь векторной объектно-ориентированной модели, которая в ней играет ведущую роль. Фактически база геоданных содержит модели данных «Шейпфайл» и «Покрытие», растровые и триангуляционные модели данных.

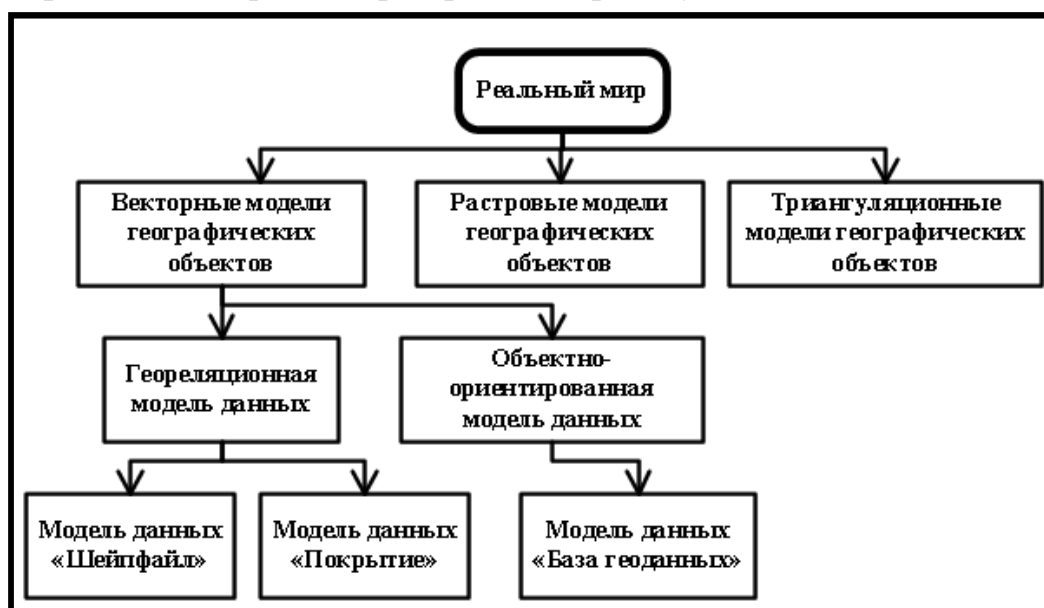


Рисунок 1.19 – Иерархия моделей организации данных ESRI

Геореляционная модель данных

Сущность геореляционной модели данных

В базе данных, спроектированной как реляционная модель данных, данные хранятся как наборы таблиц (называемые отношениями), логически ассоциированных друг с другом с помощью общих атрибутов. Отдельные записи хранятся как строки таблиц, в то время как атрибуты хранятся в виде колонок. Каждая колонка может содержать атрибутивные данные только одного типа: дату, текстовую строку, числовые данные. Таблицы обычно стандартизуются для минимизации дублирования.

ГИС содержит два типа данных – пространственные и семантические. Пространственные данные географических объектов хранятся в отдельных таблицах пространственных данных в виде последовательности

координатных пар X, Y. Атрибутивные данные географических объектов организованы в таблицы атрибутивных данных. Число записей в таблицах атрибутов равно числу графических объектов в двоичных файлах.

Отношения между географическими объектами становятся явными с помощью топологии, также представленной соответствующими таблицами.

Сущность этой модели заключается в раздельном хранении значений координат и атрибутивных данных. Она основана на геометрическом типе объекта и отображает мир в виде наборов точек, линий и полигонов. Координаты каждого объекта с уникальным идентификационным номером хранятся в двоичных файлах. Атрибутивные значения и описание топологии хранятся в таблицах реляционной СУБД (рис. 1.20).

Записи связаны с геометрией посредством идентификационного номера объекта (**Identifier – ID**). Модель географических данных представляет географические объекты как набор взаимосвязанных пространственных и атрибутивных данных. При этом ГИС осуществляет совместное согласованное управление целостной информацией объектов, распределяемой между файловой системой и базой данных.

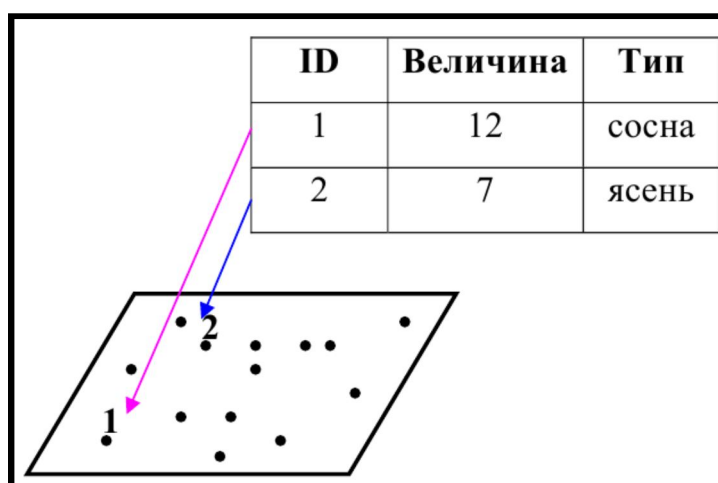


Рисунок 1.20 – Графическое представление принципа геореляционной модели данных

Таким образом, геореляционная модель данных определяется следующими условиями:

- между записями в таблицах пространственных данных, которые отображают модели географических объектов (точками, линиями, полигонами), и записями в таблице атрибутов устанавливается отношение «один-к-одному»;

- связь между географическим объектом и записью в таблице атрибутов поддерживается через единственный уникальный номер – идентификатор объекта;
- идентификатор хранится в двух местах: в файлах географических объектов, содержащих координаты X, Y, и в соответствующих записях таблицы атрибутов географических объектов.

Преимущества и недостатки геореляционной модели данных

Геореляционная модель имеет следующие преимущества:

- простая структура таблиц, которую легко читать;
- интуитивный, простой пользовательский интерфейс;
- наличие множества инструментов для конечных пользователей (макросы и скрипты);
- простота изменения и добавления новых привязок, данных и записей;
- простота использования таблиц, описывающих географические элементы с общими атрибутами;
- возможность привязки таблиц, описывающих топологию, необходимую для ГИС-анализа;
- прямой доступ к данным, обеспечивающий их быструю и эффективную обработку;
- независимость данных от приложения;
- наличие больших объемов ГИС-данных в этом формате.

Геореляционная модель имеет следующие недостатки:

- ограниченное представление реального мира;
- ограниченная гибкость управления запросами и данными;
- медленный последовательный доступ;
- трудность моделирования сложных отношений данных, поскольку для этого часто необходимы квалифицированные прикладные программисты баз данных;
- необходимость выражения сложных отношений в виде процедур в каждой программе, которая обращается к базе данных.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите задачи системной организации данных.
2. Приведите примеры объектно-ориентированного принципа организации данных в ГИС.
3. Какие виды моделей организации данных в ГИС вы знаете?
4. Опишите сущность геореляционной модели данных.
5. Какими условиями определяется геореляционная модель данных?

6. Приведите примеры преимуществ и недостатков геореляционной модели данных.

1.6 СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАННЫХ

Одной из основных частей информационного обеспечения является информационная база. Информационная база (ИБ) представляет собой совокупность данных, организованную определенным способом и хранимую в памяти вычислительной системы в виде файлов, с помощью которых удовлетворяются информационные потребности управленческих процессов и решаемых задач. Разработка БД выполняется с помощью моделирования данных. Цель моделирования данных состоит в обеспечении разработчика информационной системы (ИС) концептуальной схемой базы данных в форме одной или нескольких локальных моделей, которые относительно легко могут быть отображены в любую систему баз данных. Наиболее распространенным средством моделирования данных являются диаграммы «сущность-связь» (ER). С помощью ER диаграмм осуществляется детализация хранимых данных, а также документируются информационные аспекты геоинформационной системы, включая идентификацию объектов, важных для предметной области (сущностей), свойств этих объектов (атрибутов) и их связей с другими объектами (отношений).

Метод IDEF1

Наиболее распространенными методами для построения ER-диаграмм являются метод Баркера и метод IDEF1.

Метод Баркера основан на нотации (графическом представлении), предложенной автором, и используется в CASE-средстве Oracle Designer.

Метод IDEF1 основан на подходе Питера Чена и позволяет построить модель данных, эквивалентную реляционной модели в третьей нормальной форме.

На основе совершенствования метода IDEF1 создана его новая версия – метод IDEFIX, разработанный с учетом таких требований, как простота в изучении и возможность автоматизации. IDEFIX-диаграммы используются в ряде распространенных CASE-средств (в частности ERwin и Oracle Design).

В методе IDEFIX сущность является независимой от идентификаторов или просто независимой, если каждый экземпляр сущности может

быть однозначно идентифицирован без определения его отношений с другими сущностями. Сущность называют зависимой от идентификаторов или просто зависимой, если однозначная идентификация экземпляра сущности зависит от его отношения к другой сущности (рис. 1.21 и 1.22).

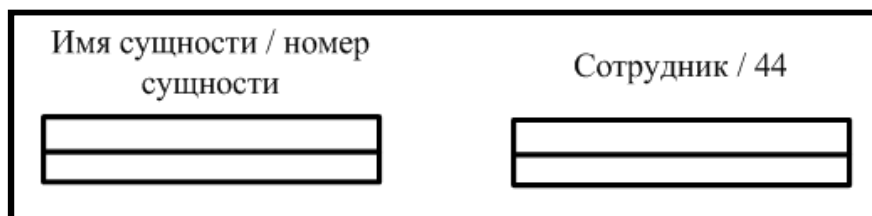


Рисунок 1.21 – Графическое изображение независимых от идентификации сущностей

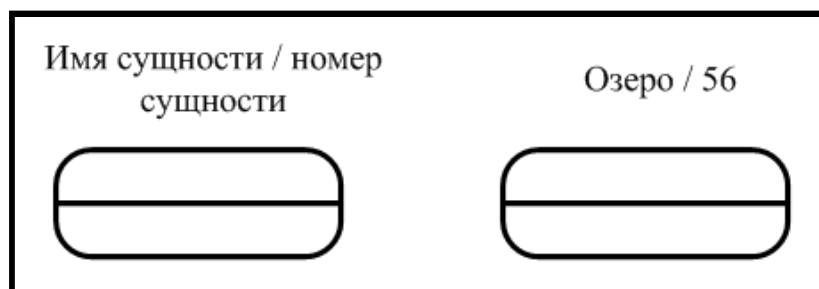


Рисунок 1.22 – Графическое изображение зависимых от идентификации сущностей

Далее будем рассматривать принцип моделирования с помощью модели «сущность-связь» на примере «Государственный парк».

Постановка задачи

Предметная область: государственный парк, включающий лес, дороги, озера и сотрудников, обслуживающих парк и озера. Разрешается закрепление не более одного сотрудника за одним озером (каждый из них обслуживает только одно озеро).

Таким образом, степень связи один к одному – 1:1.

Каждой сущности присваиваются уникальные имя и номер, разделяемые косой чертой «/» и помещаемые над блоком.

Связь можно определить дополнительно с помощью указания степени или мощности (количества экземпляров сущности-потомка, которое может порождать каждый экземпляр сущности-родителя).

В IDEFIX могут быть выражены следующие степени связей:

- каждый экземпляр **сущности-родителя** может иметь ноль, один или более одного связанного с ним экземпляра сущности-потомка;
- каждый экземпляр **сущности-родителя** должен иметь не менее одного связанного с ним экземпляра сущности-потомка;
- каждый экземпляр **сущности-родителя** связан с некоторым фиксированным числом экземпляров сущности-потомка.

Если экземпляр сущности-потомка однозначно определяется своей связью с сущностью-родителем, то связь называется **идентифицирующей**, в противном случае – **неидентифицирующей**.

Связь изображена линией, проводимой между сущностью-родителем и сущностью-потомком, с точкой на конце линии у сущности-потомка (рис. 1.23). Степень связи может принимать следующие значения: N – ноль, один или более, Z – ноль или один, P – один или более. По умолчанию степень связи принимается равной N.

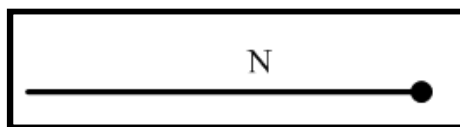


Рисунок 1.23 – Графическое изображение мощности связи

Идентифицирующая связь между сущностью-родителем и сущностью-потомком изображена сплошной линией. Сущность-потомок в идентифицирующей связи является зависимой от идентификатора сущностью. Сущность-родитель в идентифицирующей связи может быть как независимой, так и зависимой от идентификатора сущностью (это определяют ее связи с другими сущностями).

Пунктирная линия изображает неидентифицирующую связь (рис. 1.24). Сущность-потомок в неидентифицирующей связи будет независимой от идентификатора, если она не является также сущностью-потомком в какой-либо идентифицирующей связи.

Атрибуты изображены в виде списка имен внутри блока сущности. Атрибуты, определяющие первичный ключ, размещены сверху списка и отделены от других атрибутов горизонтальной чертой (см. рис. 1.24).

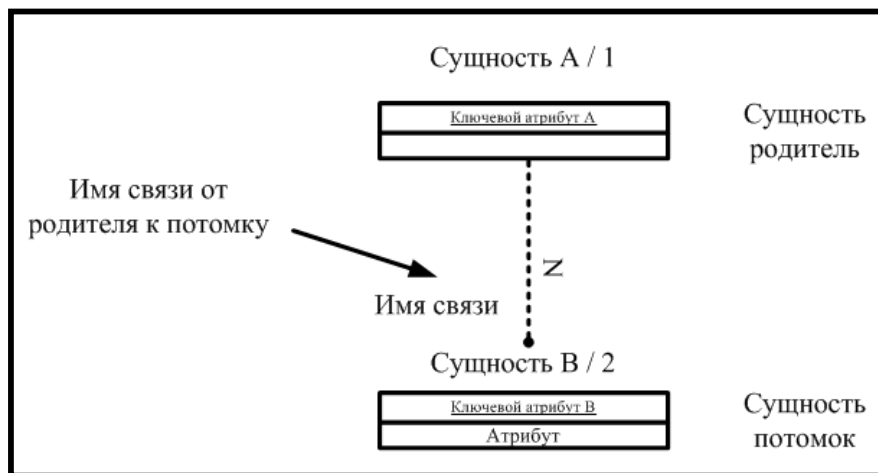


Рисунок 1.24 – Графическое изображение неидентифицирующей связи

Сущности могут иметь также внешние ключи (**Foreign Key**), которые могут быть использованы в качестве части или целого первичного ключа либо неключевого атрибута. Для обозначения внешнего ключа внутри блока сущности помещают имена атрибутов, после которых в скобках следуют буквы FK.

Создание логической модели данных

Уровни логической модели

Различают три уровня логической модели, отличающихся по глубине представления информации о данных:

- диаграмма сущность-связь (**Entity Relationship Diagram – ERD**);
- модель данных, основанная на ключах (**Key Based model – KB**);
- полная атрибутивная модель (**Fully Attributed model – FA**).

Диаграмма сущность-связь представляет собой модель данных верхнего уровня. Она включает сущности и взаимосвязи, отражающие основные бизнес-правила предметной области. Такая диаграмма не слишком детализирована, в нее включены основные сущности и связи между ними, удовлетворяющие основным требованиям, предъявляемым к ИС. Диаграмма сущность-связь может включать связи «многие-ко-многим» и не включать описание ключей. Как правило, ERD используются для презентаций и обсуждения структуры данных с экспертами предметной области.

Модель данных, основанная на ключах – более подробное представление данных. Она включает описание всех сущностей и первичных ключей. Предназначена для представления структуры данных и ключей, которые соответствуют предметной области.

Полная атрибутивная модель – это наиболее детальное представление структуры данных: представляет данные в третьей нормальной форме и включает все сущности, атрибуты и связи.

Сущности и атрибуты

Основные компоненты диаграммы ER – это сущности, атрибуты и связи. Каждая сущность является множеством схожих индивидуальных объектов, называемых экземплярами. Каждый экземпляр индивидуален и должен отличаться от всех остальных экземпляров. Атрибут выражает определенное свойство объекта. С точки зрения базы данных (физическая модель) сущности соответствует таблица, экземпляру сущности – строка в таблице, а атрибуту – колонка таблицы.

Построение модели данных предполагает определение сущностей и атрибутов, т. е. необходимо определить, какая информация будет храниться в конкретной сущности или атрибуте. Сущность можно определить как объект, событие или концепцию, информация о которых должна быть сохранена. Сущности должны иметь названия с четким смысловым значением, именоваться существительным в единственном числе, не носить «технических» наименований и быть достаточно важными для того, чтобы их моделировать. Название сущности в единственном числе в дальнейшем облегчает чтение модели. Фактически имя сущности определяют именем ее экземпляра.

Примером может быть сущность **Сотрудник** (но не Сотрудники) с атрибутами **Номер сотрудника**, **Фамилия сотрудника** и **Адрес сотрудника**. На уровне физической модели ей может соответствовать таблица **Сотрудники** с колонками **Номер_Сотрудника**, **Имя_Сотрудника** и **Адрес_Сотрудника**. Каждая сущность должна быть полностью определена с помощью текстового описания. Для внесения дополнительных комментариев и определений к сущности служат свойства, определенные пользователем.

Каждый атрибут хранит информацию об определенном свойстве сущности, а каждый экземпляр сущности должен быть уникальным. Атрибут или группа атрибутов, который идентифицирует сущность, называется **первичным ключом**.

Очень важно дать атрибуту правильное имя. Атрибуты должны именоваться в единственном числе и иметь четкое смысловое значение. Соблюдение этого правила позволяет частично решить проблему нормализации данных уже на этапе определения атрибутов. Например, создание в сущности **Сотрудник** атрибута **Телефоны сотрудника** противоречит требованиям нормализации, поскольку атрибут должен быть атомарным, т. е. не содержать множественных значений. Согласно синтаксису IDEFIX имя атрибута должно быть уникально в рамках модели (а не только в рамках сущности). Каждый атрибут должен быть определен, при этом следует избегать циклических определений, например, когда термин 1 определяется через термин 2, термин 2 – через термин 3, а термин 3 в свою очередь – через термин 1. Часто приходится создавать производные атрибуты, то есть атрибуты, значения которых можно вычислить при помощи значений других атрибутов. Примером производного атрибута может служить атрибут **Возраст сотрудника**, значение которого может быть вычислено при помощи значения атрибута **Дата рождения сотрудника**. Такой атрибут может привести к конфликтам если вовремя не обновить значение атрибута **Возраст сотрудника**, он может противоречить значению атрибута **Дата рождения сотрудника**. Производные атрибуты – это ошибка нормализации, однако их вводят для повышения производительности системы, чтобы не проводить вычисления, которые на практике могут быть сложными.

Связи

Связь является логическим соотношением между сущностями. Каждая связь должна именоваться глаголом или глагольной фразой. Имя связи выражает некоторое ограничение или бизнес-правило и облегчает чтение диаграммы. По умолчанию имя связи на диаграмме не показывается. На логическом уровне можно установить идентифицирующую связь «один-ко-многим» и неидентифицирующую связь «многие-ко-многим».

В IDEFIX различают зависимые и независимые сущности. Тип сущности определяется ее связью с другими сущностями. **Идентифицирующая связь** устанавливается между независимой (родительский конец связи) и зависимой (дочерний конец связи) сущностями. Зависимая сущность изображается прямоугольником со скругленными углами. Экземпляр зависимой сущности можно определить только через его отношение к родительской сущности. При установлении идентифицирующей связи атрибу-

ты первичного ключа родительской сущности автоматически переносятся в состав первичного ключа сущности потомка. Эта операция дополнения атрибутов сущности потомка при создании связи называется **миграцией атрибутов**. В сущности потомке новые атрибуты обозначаются как внешний ключ – **FK**.

При установлении **неидентифицирующей связи** сущность потомок остается независимой, а атрибуты первичного ключа сущности родителя мигрируют в состав ее неключевых компонентов. Неидентифицирующая связь служит для связывания независимых сущностей.

Идентифицирующая связь изображена на диаграмме сплошной линией с жирной точкой на дочернем конце связи, неидентифицирующая – пунктирной.

Мощность связей (Cardinality) служит для обозначения отношения числа экземпляров сущности родителя к числу экземпляров сущности потомка.

Различают четыре типа сущности:

- **общий случай**, когда одному экземпляру сущности родителя соответствуют 0, 1 или много экземпляров сущности потомка. Не обозначается каким-либо символом;
- **символом Р** обозначается случай, когда одному экземпляру сущности родителя соответствуют 1 или много экземпляров сущности потомка (исключено нулевое значение);
- **символом Z** обозначается случай, когда одному экземпляру сущности родителя соответствуют 0 или 1 экземпляр сущности потомка (исключены множественные значения);
- **цифрой** обозначается случай точного соответствия, когда одному экземпляру сущности родителя соответствует заранее заданное число экземпляров сущности потомка.

Имя связи (Verb Phrase) это фраза, характеризующая отношение между сущностью родителем и сущностью потомком. Для связи «один-ко-многим», идентифицирующей или неидентифицирующей, достаточно указать имя, характеризующее отношение от сущности родителя к сущности потомку (Parent-to-Child). Для связи «многие-ко-многим» следует указывать имена как Parent-to-Child, так и Child-to-Parent.

Типы сущностей и иерархия наследования

Связи определяют, является ли сущность независимой или зависимой. Различают четыре типа зависимых сущностей.

Характеристическая – зависимая сущность потомок, которая связана только с одной сущностью родителем и по смыслу хранит информацию о ее характеристиках (рис. 1.25).

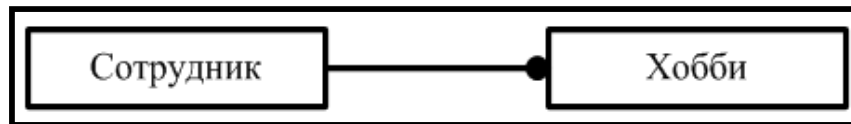


Рисунок 1.25 – Пример характеристической сущности «Хобби»

Ассоциативная – сущность потомок, связанная с несколькими сущностями родителями. Такая сущность содержит информацию о связях сущностей.

Именующая – частный случай ассоциативной сущности, не имеющей собственных атрибутов (только атрибуты сущностей родителей, мигрировавших в качестве внешнего ключа).

Категориальная – сущность потомка в иерархии наследования.

Иерархия наследования (или иерархия категорий) представляет собой особый тип объединения сущностей, которые разделяют общие характеристики.

Например, в Государственном парке работают служащие, занятые полный рабочий день (постоянные служащие), и совместители. Из их общих свойств можно сформировать обобщенную сущность (родовой предок) **Сотрудник** (рис. 1.26), чтобы представить информацию, общую для всех типов сотрудников. Специфическая для каждого типа информация может быть расположена в категориях сущностей (потомках) **Постоянный сотрудник** и **Совместитель**. Обычно иерархию наследования создают, когда несколько сущностей имеют общие по смыслу атрибуты, когда сущности имеют общие по смыслу связи (например, если бы **Постоянный сотрудник** и **Совместитель** имели сходную по смыслу связь «работает в» с сущностью **Государственный парк**), либо когда это диктуется бизнес-правилами. Для каждой категории можно указать дискриминатор – атрибут родового предка, который показывает, как отличить одну категориаль-

ную сущность от другой (атрибут **Тип** на рис. 1.26).

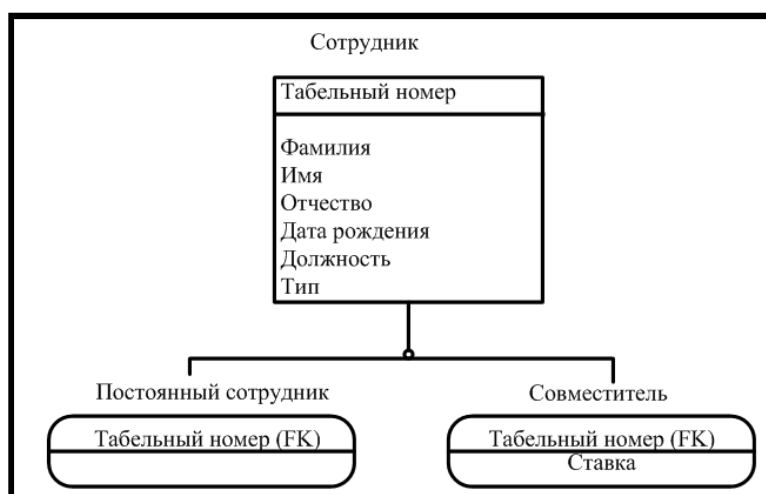


Рисунок 1.26 – Изображение иерархии наследования. Неполная категория

Иерархии категорий делятся на два типа – полные и неполные. В полной категории одному экземпляру родового предка (рис. 1.27) обязательно соответствует экземпляр в каком-либо потомке, т. е. в приведенном примере сотрудник обязательно является либо совместителем, либо консультантом, либо постоянным сотрудником.

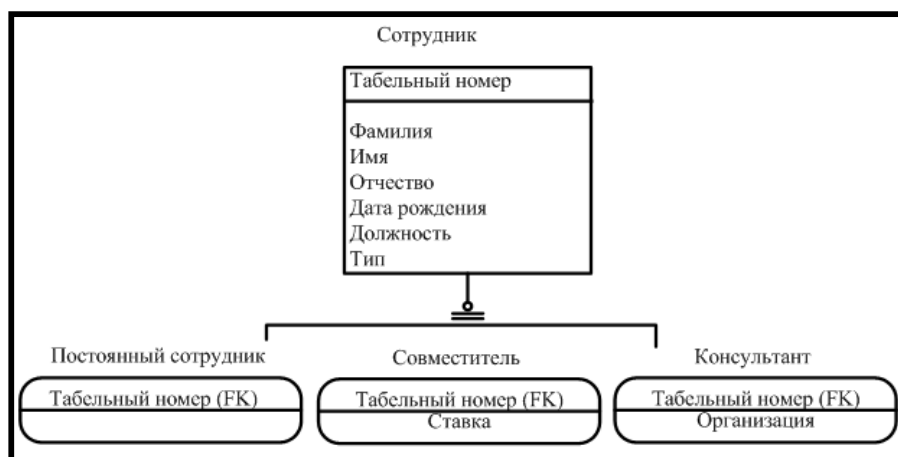


Рисунок 1.27 – Изображение иерархии наследования. Полная категория

Если категория еще не выстроена полностью и в родовом предке могут существовать экземпляры, которые не имеют соответствующих экземпляров в потомках, то такая категория будет неполной. На рисунке 1.27 показана неполная категория – сотрудник может быть не только постоянным или совместителем, но и консультантом, однако сущность **Консультант** еще не внесена в иерархию наследования.

Ключи

Как было сказано выше, каждый экземпляр сущности должен быть уникален и должен отличаться от других атрибутов.

Первичный ключ (Primary Key) – это атрибут (или группа атрибутов), однозначно идентифицирующий экземпляр сущности. Атрибуты первичного ключа на диаграмме не требуют специального обозначения – это те атрибуты, которые находятся в списке атрибутов выше горизонтальной линии (см. рис. 1.27).

В одной сущности могут оказаться несколько атрибутов или наборов атрибутов, претендующих на роль первичного ключа. Такие претенденты называются **потенциальными ключами** (Candidate Key).

Ключи могут быть сложными, то есть содержащими несколько атрибутов. Сложные первичные ключи не требуют специального обозначения – это список атрибутов, расположенных выше горизонтальной линии.

Рассмотрим кандидатов на роль первичного ключа сущности **Сотрудник** (рис. 1.28).

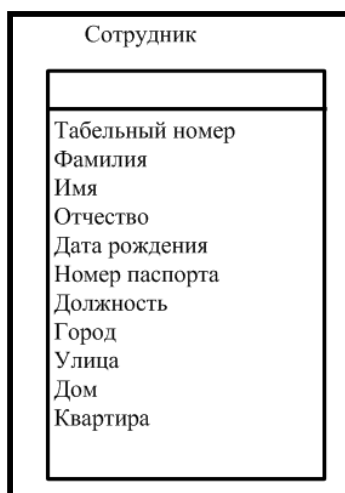


Рисунок 1.28 – Определение первичного ключа для сущности «Сотрудник»

Здесь можно выделить следующие потенциальные ключи:

- №1 – Табельный номер;
- № 2 – Номер паспорта;
- № 3 – Фамилия + Имя + Отчество.

Для того чтобы стать первичным, потенциальный ключ должен удовлетворять ряду требований:

Уникальность. Два экземпляра не должны иметь одинаковых значений возможного ключа. Потенциальный ключ № 3 (Фамилия + Имя +

Отчество) является плохим кандидатом, поскольку в организации «Государственный парк» могут работать полные тезки.

Компактность. Сложный возможный ключ не должен содержать ни одного атрибута, удаление которого не приводило бы к утрате уникальности. Для обеспечения уникальности ключа № 3 дополним его атрибутами **Дата рождения** и **Цвет волос**. Если бизнес-правила говорят, что сочетания атрибутов **Фамилия + Имя + Отчество + Дата рождения** достаточно для однозначной идентификации сотрудника, то **Цвет волос** оказывается лишним, т. е. ключ **Фамилия + Имя + Отчество + Дата рождения + Цвет волос** не является компактным.

При выборе первичного ключа предпочтение должно отдаваться более простым ключам, т. е. ключам, содержащим меньшее количество атрибутов. В приведенном примере ключи № 1 и 2 предпочтительней ключа № 3.

Атрибуты ключа не должны содержать нулевых значений. Значение атрибутов ключа не должно меняться в течение всего времени существования экземпляра сущности. Сотрудница организации может выйти замуж и сменить как фамилию, так и паспорт. Поэтому ключи № 2 и 3 не подходят на роль первичного ключа.

Каждая сущность должна иметь по крайней мере один потенциальный ключ. Многие сущности имеют только один потенциальный ключ. Такой ключ становится первичным. Некоторые сущности могут иметь более одного возможного ключа. Тогда один из них становится первичным, а остальные – альтернативными ключами.

Альтернативный ключ (Alternate Key) – это потенциальный ключ, не ставший первичным.

Нормализация данных

Нормализация данных – процесс проверки и реорганизации сущностей и атрибутов с целью удовлетворения требований к реляционной модели данных. Нормализация позволяет быть уверенным, что каждый атрибут определен для своей сущности, а также значительно сократить объем памяти для хранения информации и устранить аномалии в организации хранения данных. В результате проведения нормализации создается структура данных, при которой информация о каждом факте хранится только в одном месте. Процесс нормализации сводится к последовательному приведению структуры данных к нормальным формам – формализованным тре-

бованиям к организации данных. Известны шесть нормальных форм. На практике обычно ограничиваются приведением данных к третьей нормальной форме.

Домены

Домен можно определить как совокупность значений, из которых берутся значения атрибутов. Каждый атрибут может быть определен только на одном домене, но на каждом домене может быть определено множество атрибутов. В понятие домена входит не только тип данных, но и область значений данных. Например, можно определить домен **Возраст** как положительное целое число и определить атрибут **Возраст сотрудника** как принадлежащий этому домену.

Домены позволяют облегчить работу с данными как разработчикам на этапе проектирования, так и администраторам БД на этапе эксплуатации системы. На логическом уровне домены можно описать без конкретных физических свойств. На физическом уровне они автоматически получают специфические свойства, которые можно изменить вручную. Так, домен **Возраст** может иметь на логическом уровне тип **NUMBER**, на физическом уровне колонкам домена будет присвоен тип **INTEGER**. Каждый домен может быть описан, снабжен комментарием или свойством, необходимым для понимания.

Создание физической модели данных

Физическая модель содержит всю информацию, необходимую для реализации конкретной БД. Различают два уровня физической модели:

- трансформационную модель;
- модель СУБД.

Трансформационная модель содержит информацию для реализации отдельного проекта, который может быть частью общей ИС и описывать подмножество предметной области. Данная модель позволяет проектировщикам и администраторам БД лучше представить, какие объекты БД хранятся в словаре данных, и проверить, насколько физическая модель удовлетворяет требованиям к ИС.

Модель СУБД автоматически генерируется Case-средством из трансформационной модели и является точным отображением системного каталога СУБД.

Правила валидации и значения по умолчанию

Правило валидации (проверки) задает список допустимых значений для конкретной колонки и/или правила проверки допустимых значений. В список допустимых значений можно вносить новые значения.

Значение по умолчанию – значение, которое нужно ввести в колонку, если никакое другое значение не задано явным образом во время ввода данных. С каждой колонкой или доменом можно связать значение по умолчанию. Список значений можно редактировать.

После создания правила валидации и значения по умолчанию, их можно присвоить одной или нескольким колонкам или доменами.

Индексы

Индексы в БД данные обычно хранятся в том порядке, в котором их ввели в таблицу. Многие реляционные СУБД имеют страничную организацию, при которой таблица может храниться фрагментарно в разных областях диска, причем строки таблицы располагаются на страницах неупорядоченно. Такой способ позволяет быстро вводить новые данные, но затрудняет поиск данных.

Чтобы решить проблему поиска, СУБД используют объекты, называемые индексами. Индекс содержит отсортированную по колонке или нескольким колонкам информацию и указывает на строки, в которых хранится конкретное значение колонки. Поскольку значения в индексе хранятся в определенном порядке, при поиске просматривать нужно значительно меньший объем данных, что существенно уменьшает время выполнения запроса. Индекс рекомендуется создавать для тех колонок, по которым часто производится поиск.

При генерации схемы физической БД с помощью CASE-средств, они автоматически создают индекс на основе первичного ключа каждой таблицы, а также на основе всех альтернативных ключей и внешних ключей, поскольку эти колонки наиболее часто используются для поиска данных. Можно отказаться от генерации индексов по умолчанию и создавать собственные индексы. Для увеличения эффективности поиска администратор БД должен анализировать часто выполняемые запросы и на основе анализа создавать собственные индексы.

Триггеры и хранимые процедуры

Триггеры и хранимые процедуры – это именованные блоки кода структурированного языка запросов SQL, которые заранее скомпилированы и хранятся на сервере для того, чтобы быстро производить обработку запросов, валидацию данных и другие часто выполняемые функции. Хранение и выполнение кода на сервере позволяет создавать код только один раз, а не в каждом приложении, работающем с БД. Это экономит время при написании и сопровождении программ. При этом гарантируется, что целостность данных и бизнес-правила поддерживаются независимо от того, какое именно клиентское приложение обращается к данным. Триггеры и хранимые процедуры не требуется пересылать по сети из клиентского приложения, что значительно снижает сетевой трафик.

Хранимой процедурой называется именованный набор предварительно скомпилированных команд SQL, который может вызываться из клиентского приложения или из другой хранимой процедуры.

Триггером называется процедура, которая выполняется автоматически, как реакция на событие. Таким событием может быть вставка, изменение или удаление строки в существующей таблице. Триггер сообщает СУБД, какие действия нужно выполнить при выполнении команд SQL INSERT, UPDATE или DELETE для обеспечения дополнительной функциональности, выполняемой на сервере.

Триггер ссылочной целостности – это особый вид триггера, используемый для поддержания целостности между двумя таблицами, которые связаны между собой. Если строка в одной таблице вставляется, изменяется или удаляется, то триггер ссылочной целостности сообщает СУБД, что нужно делать с теми строками в других таблицах, у которых значение внешнего ключа совпадает со значением первичного ключа вставленной строки (измененной или удаленной строки).

Проектирование хранилищ данных

В хранилища данных помещают данные, которые редко меняются. Хранилища ориентированы на выполнение аналитических запросов, обеспечивающих поддержку принятия решений для руководителей и менеджеров. При проектировании хранилищ данных необходимо выполнять следующие требования:

- хранилище должно иметь понятную для пользователей структуру данных;

- должны быть выделены статические данные, которые модифицируются по расписанию (ежедневно, еженедельно, ежеквартально);
- должны быть упрощены требования к запросам для исключения запросов, требующих множественных утверждений SQL в традиционных реляционных СУБД;
- должна обеспечиваться поддержка сложных запросов SQL, требующих обработки миллионов записей.

Как видно из этих требований, по своей структуре реляционные СУБД существенно отличаются от хранилищ данных. Нормализация данных в реляционных СУБД приводит к созданию множества связанных между собой таблиц. Выполнение сложных запросов неизбежно приводит к объединению многих таблиц, что значительно увеличивает время отклика. Проектирование хранилища данных подразумевает создание денормализованной структуры данных, ориентированных в первую очередь на высокую производительность при выполнении аналитических запросов. Нормализация делает модель хранилища слишком сложной, затрудняет ее понимание и снижает скорость выполнения запроса.

Размерное моделирование сходно с моделированием связей и сущностей для реляционной модели, но имеет другую цель. Реляционная модель акцентируется на целостности и эффективности ввода данных. Размерная модель ориентирована в первую очередь на выполнение сложных запросов. В размерном моделировании принят стандарт модели, называемый схемой «звезда», которая обеспечивает высокую скорость выполнения запроса посредством денормализации и разделения данных. Невозможно создать универсальную структуру данных, обеспечивающую высокую скорость обработки любого запроса, поэтому схема «звезда» строится для обеспечения наивысшей производительности при выполнении самого важного запроса (или группы запросов).

Схема «звезда» обычно содержит одну большую таблицу, называемую таблицей факта, помещенную в центре. Ее окружают меньшие таблицы, называемые таблицами размерности, которые связаны с таблицей факта радиальными связями (рис. 1.29).

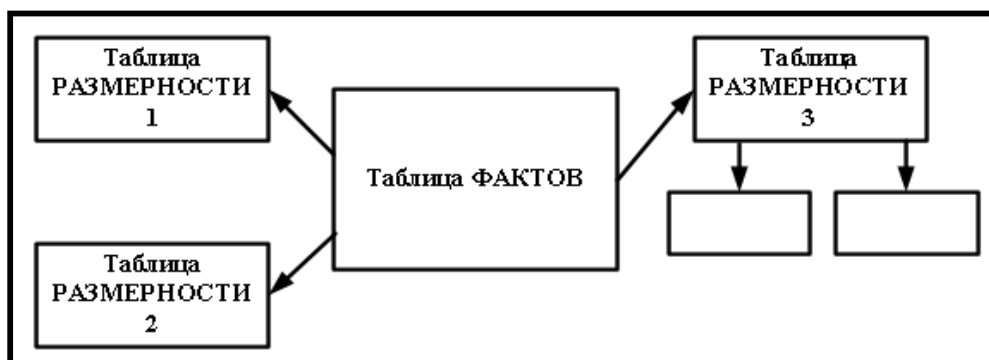


Рисунок 1.29 – Схема модели данных «звезда»

Для создания БД со схемой «звезда» необходимо проанализировать бизнес-правила предметной области для выяснения центрального запроса. Данные, обеспечивающие выполнение этого запроса, должны быть помещены в центральную таблицу. При проектировании хранилища важно определить источник данных, метод, которым данные извлекаются, преобразуются и фильтруются, прежде чем они импортируются в хранилище. Знания об источнике данных позволяют поддерживать регулярное обновление и проверку качества данных.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается метод IDEF1 для построения ER-диаграмм?
2. В каких целях используются ER диаграммы? Дайте определения основным компонентам ER диаграммы.
3. Дайте определение идентифицирующей и неидентифицирующей связей. Приведите примеры.
4. В чем отличие концептуальной и физической ER-диаграммы?
5. Какие уровни логического моделирования данных существуют? Для чего они используются?
6. В каких целях используются ключи в сущностях? Назовите виды ключевых атрибутов.
7. Для чего используется нормализация данных при моделировании?
8. Что такое «домен» и «атрибут»? Приведите примеры.
9. Назначение индексов в таблицах СУБД.
10. Что такое «хранилище данных»? В каких целях они используются?
11. В чем отличие понятий «Стержневая сущность», «Ассоциация», «Характеристика»?
12. Создайте ER-диаграмму для задачи – сбор и обработка информации об основных участниках учебного процесса.

1.7 ПОСТРОЕНИЕ ER-ДИАГРАММ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Ранее были рассмотрены две модели пространственной информации: объектная и полевая. Эти модели были основаны на возможности их использования для моделирования данных, включающих понятия, присущие пространственно-ориентированной предметной области. Теперь рассмотрим классический способ построения моделей с точки зрения проектирования баз данных. При проектировании базы геоданных организацию данных рассматривают на трех уровнях: информационно-логическом (инфо-логическом), логическом и физическом. Этим уровням соответствуют этапы проектирования баз данных (см. подраздел 1.4 «Принципы проектирования баз геоданных»).

Инфологическая модель данных

Понятие о инфологической модели данных

Процесс проектирования базы данных длительный, требует обсуждения с заказчиком и специалистами в предметной области. При разработке корпоративных информационных систем проект базы данных является тем фундаментом, на котором строится вся система в целом.

Инфологическая модель должна включать такое формализованное описание предметной области, которое будет легко «читаться» как специалистами по базам данных, так и конечными пользователями, а также быть пригодной для оценки глубины и корректности работы проекта базы данных без привязки к конкретной СУБД.

Проблема представления семантики данных является очень важной и актуальной для разработчиков информационных систем. Назначением инфологического моделирования является обеспечение возможности выражения семантики данных. Потребности проектировщиков баз данных в удобных средствах моделирования предметной области вызвали к жизни направление инфологического (семантического) моделирования данных. В семидесятых годах прошлого столетия были предложены несколько моделей данных, которые были названы информационно-логическими (семантическими) моделями.

Одной из наиболее популярных информационных моделей данных является модель «сущность-связь» или **ER-модель (Entity Relationship)**. На использовании разновидностей ER-модели основано большинство современных подходов к проектированию реляционных баз данных. Модель

была предложена Питером Ченом в 1976 году. В настоящее время модель Чена «сущность-связь» стала фактическим стандартом при инфологическом моделировании баз данных. Общепринятым стало сокращенное ее название – ER-модель.

Питер Чен Пиньшань

Родился 3 января 1947 г. в Тайване город Тайчжун. Американский ученый в области информатики. Получил степень бакалавра в области электротехники в 1968 году в Национальном университете Тайваня и степень Ph. D в области компьютерных наук (прикладной математики) в Гарвардском университете в 1973 г. С 1974 по 1978 годы работал в качестве помощника профессора в Массачусетском технологическом институте, в 1978 – 1984 – профессор Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. С 1983 года – профессор компьютерных наук в Университете штата Луизиана (рис. 1.30).



Рисунок 1.30 – Питер Чен Пиньшань

Моделирование предметной области

Моделирование предметной области базируется на использовании графических диаграмм (нотаций) – ER-диаграмм (Entity Relationship Diagram), которые включают небольшое число разнородных компонентов. На основе анализа предметной области определяются основные объекты предметной области, строится схема базы данных в виде ER-диаграммы. На схеме в графической форме отображаются связи между объектами и характеристики этих связей. Затем по четким правилам осуществляется переход от ER-диаграмм к таблицам базы данных, наполнение таблиц атрибутами и проверка их на выполнение условий нормализации. Определя-

ются ключевые атрибуты таблиц и связи между таблицами. Результатом проектирования является схема реляционной базы данных.

В связи с наглядностью представления концептуальных схем баз данных, ER-модели получили широкое распространение в CASE-системах, которые поддерживают автоматизированное проектирование реляционных баз данных. Большинство современных CASE-систем содержат инструментальные средства для описания данных в формализме модели «сущность-связь» и реализуют методы автоматического превращения проекта базы данных из ER-модели в реляционную модель. Затем выполняется превращение в логическую модель, которая отвечает конкретной СУБД. Примером CASE-системы является простая и универсальная программа **Erwin** фирмы PLATINUM, которая предназначена для автоматизированного создания реляционных баз данных.

Все CASE-системы имеют развитые средства документирования процесса разработки базы данных, автоматические генераторы отчетов позволяют подготовить отчет о текущем состоянии проекта базы данных с подробным описанием объектов базы данных и их отношений, как в графическом виде, так и в виде готовых стандартных печатных отчетов, что существенно облегчает ведение проекта. На данный момент не существует единственной общепринятой системы обозначений для ER-модели и различные CASE-системы используют различные графические нотации, знание одной из них, например, нотации Чена, позволяет легко понять и другие нотации.

ER-модель данных

ER-модель данных служит основой многих методик системного анализа и проектирования, CASE-средств и репозиторий программного обеспечения. ER-модель является основой для таких программных пакетов, как Repository Manager MVS компании IBM и CDD Plus компании Digital Equipment Corporation. ER-модель данных была принята ANSI в качестве метамодели для Каталога системных информационных ресурсов (IRDS), ER-подход занимает первое место среди методологий проектирования баз данных и, согласно опросам компаний из списка Fortune 500, является одной из лучших методологий в развитии информационных систем.

Прежде, чем приступать к созданию системы автоматизированной обработки информации, разработчик должен сформировать понятия о

предметах, фактах и событиях, которыми будет оперировать данная система. Для того, чтобы привести эти понятия к той или иной модели данных, необходимо заменить их информационными представлениями. Модель «сущность-связь» основывается на некой важной семантической информации о реальном мире и предназначена для логического представления данных. Она определяет значения данных в контексте их взаимосвязи с другими данными. Важным является тот факт, что из модели «сущность-связь» могут быть порождены все существующие модели данных (иерархическая, сетевая, реляционная, объектная), поэтому она является наиболее общей.

CASE – средства

ER-модель повлияла на разработку большинства основных CASE-инструментов, включая ERWIN, Designer, PowerDesigner и даже Microsoft Visio, а также стандарт IDEF1X. В конце 1980-х и начале 1990-х на основе ER-модели данных были разработаны такие программные продукты, как репозиторий DB2 и AD Cycle компании IBM. На ER-модели данных основаны и системы репозиториях других вендоров, таких как CDD.

Концепция гипертекста, которая делает World Wide Web чрезвычайно популярным, очень похожа по своей сути на ER-модель. ER-модель также лежит в основе некоторых работ по объектно-ориентированному анализу, методологий проектирования и семантического Web. Язык моделирования UML также имеет корни в ER-модели.

Цель инфологического проектирования предметной области

Целью инфологического моделирования является обеспечение разработчика базы данных концептуальной схемой базы данных на уровне представлений о предметной области.

Как инструмент инфологическое моделирование использует различные варианты ER-диаграмм. С их помощью определяются важные для предметной области объекты (*сущности*), их свойства (*атрибуты*) и отношения между ними (*связи*). Инфологическое моделирование отображает тот факт, что сущности имеют связи между собой, а атрибуты принадлежат сущностям.

Инфологическая модель данных отображает данные с точки зрения их смысла и в контексте пользователя. Модель скрывает технические дета-

ли и подчеркивает наиболее важную суть, с точки зрения предметной области и пользователя. Чаще всего на практике инфологическое моделирование используется на стадии инфологического проектирования базы данных. При этом в терминах модели проводится разработка концептуальной схемы базы данных, которая затем вручную приводится к реляционной схеме. Этот процесс выполняется с использованием методик, в которых достаточно четко обусловлены все этапы такого превращения.

Создание ER-модели будем рассматривать на примере, приведенном в подразделе 1.6 «Семантическое моделирование данных»

Сущности и атрибуты

Модель «сущность-связь» имеет несколько базовых понятий, которые образуют начальные «кирпичики», из которых строятся уже более сложные объекты по предварительно определенным правилам. Основными конструктивными элементами модели «сущность-связь» являются: ***сущность, экземпляр сущности, атрибуты, связи и ассоциативные сущности.***

В модели «сущность-связь» предметная область представляется сущностями.

Сущности – это объекты, которые существуют физически или концептуально. Их характеризуют атрибуты (**attributes**) и связи (**relationships**) с другими сущностями.

В примере «Государственный парк» сущностями являются: **ЛЕС, ОЗЕРО, УЧАСТОК** (лесонасаждение), **ДОРОГА, ДИРЕКТОР, СОТРУДНИК, ПОСТРОЙКА.**

Сущности описываются атрибутами

Атрибут выражает определенное свойство объекта. С точки зрения БД (физическая модель) сущности соответствует таблица, экземпляру сущности – строка в таблице, а атрибуту – колонка таблицы.

Атрибут сущности – это некоторая характеристика сущности, которая описывает одно из ее свойств. Атрибут имеет имя и принимает значение из некоторого множества значений (например, у сущности **КНИГА** могут быть атрибуты: **КОД КНИГИ, РАЗДЕЛ ЛИТЕРАТУРЫ, НАЗВАНИЕ, АВТОРЫ, ЦЕНА**).

ПРИМЕР. НАЗВАНИЕ – это атрибут сущности ЛЕС. Атрибут (или набор атрибутов), который однозначно идентифицирует экземпляр сущности, называется *ключом*.

ПРИМЕР. Атрибут **КД (код дороги)** название сущности **ДОРОГА** является ключом. Все экземпляры сущности **ДОРОГА** в этой базе данных имеют уникальные коды.

Атрибуты могут быть однозначными и многозначными.

ПРИМЕР. ПОРОДА (преобладающая порода деревьев на участке) – однозначный атрибут сущности **УЧАСТОК**.

Понятие *многозначных атрибутов* можно пояснить на следующем примере. Сущность **ПОСТРОЙКА** имеет атрибут **НОМЕР ТОЧКИ**. Он служит уникальным идентификатором пространственного положения экземпляра сущности.

На карте отдельные экземпляры сущности **ПОСТРОЙКА** отображаются точками. Постройка может занимать два и более различных геометрических мест. Тогда атрибут **НОМЕР ТОЧКИ** является многозначным. Это справедливо и для других сущностей.

ПРИМЕР. Необходимо сохранить информацию о высоте деревьев ЛЕСА. Поскольку она может изменять свое значение в пределах сущности ЛЕС, необходимо моделировать высоту как многозначный атрибут.

Связи

Третья конструкция в модели «сущность-связь» – это связь. Посредством связей сущности взаимодействуют или соединяются друг с другом. В одной связи может быть задействовано большое количество сущностей. Будем рассматривать только бинарные связи. Такие связи соединяют две сущности. Существует три вида связей: «один к одному», «многие к одному», «многие ко многим».

Один к одному (1:1). Каждый экземпляр одной сущности может соотноситься лишь с одним экземпляром другой сущности. Например, связь **ОБСЛУЖИВАЕТ** между сущностями **СОТРУДНИК** и **ОЗЕРО** является связью вида «один к одному»; **ОЗЕРО** может обслуживаться только одним **СОТРУДНИКОМ**, а **СОТРУДНИК** может обслуживать только одно **ОЗЕРО**.

Многие к одному (M:1). Связь «многие к одному» потенциально может соединять множество экземпляров одной сущности с одним экземпляром другой сущности, участвующей в связи. **ПРИНАДЛЕЖИТ** – это связь

вида «многие к одному» между сущностями **ПОСТРОЙКА** и **ЛЕС** при условии, что каждая постройка может находиться на территории только одного леса, но таких, построек может быть много.

Многие ко многим (М:М). Иногда ряд экземпляров одной сущности должен быть связан с рядом экземпляров другой сущности.

Построение ER-диаграммы

На этапе инфологического проектирования базы данных необходимо определить инфологическую модель предметной области. Задача создания модели отделить понятийный аппарат приложения от деталей реализации.

В примере «Государственный парк» атрибутами являются: КОД СОТРУДНИКА, ФАМИЛИЯ, НОМЕР ТЕЛЕФОНА, КОД ОЗЕРА, ОСНОВНОЙ ВИД ВЫЛАВЛИВАЕМОЙ В ОЗЕРЕ РЫБЫ и ПЛОЩАДЬ ОЗЕРА.

Решение задачи

Предположения при создании ER-диаграммы: все сотрудники имеют работу, некоторые озера не обслуживаются. Следовательно, класс принадлежности сущности **СОТРУДНИК** обязательный, а сущности **ОЗЕРО** не-обязательный.

Диаграмма «сущность-связь» примера «Государственный парк» приведена на рисунке 1.31. На ней показаны семь сущностей: **УЧАСТОК (ЛЕСОНАСАЖДЕНИЕ)**, **ОЗЕРО**, **ДОРОГА**, **ПОСТРОЙКА**, **ЛЕС**, **ДИРЕКТОР** и **СОТРУДНИКИ**.

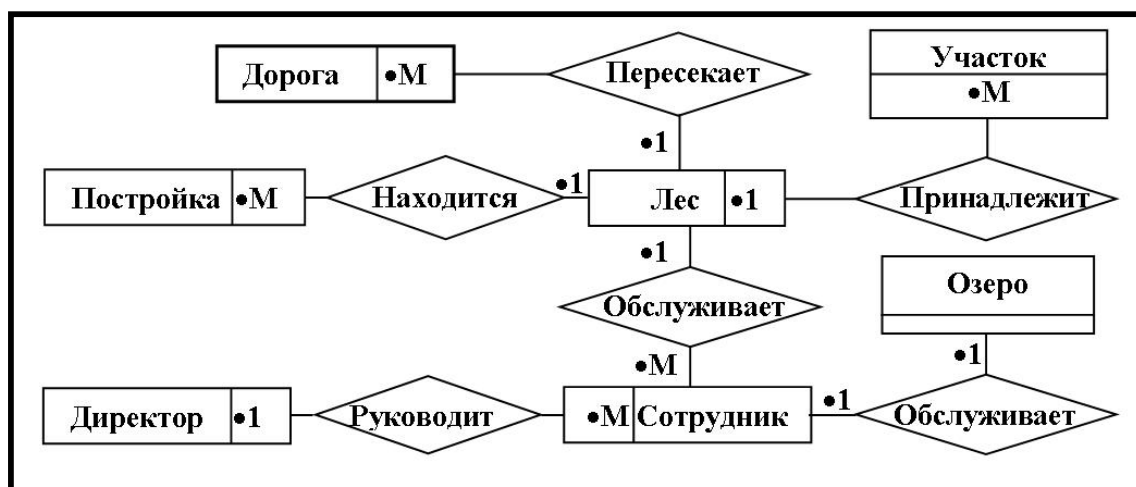


Рисунок 1.31 – Диаграмма «сущность-связь»
для примера «Государственный парк»

На диаграмме «сущность-связь» сущности представлены как прямоугольники, связи представлены как ромбы. Иногда указываются и атрибуты. Атрибуты обозначаются овалами, которые соединены с прямоугольниками при помощи прямых линий.

Кардинальность связи (1:1, M:1 или M:M) указывается около ромба или внутри прямоугольника. Ключевые атрибуты подчеркиваются, многозначные представляются двойными овалами.

Теперь необходимо пояснить принятые в диаграмме обозначения. Класс принадлежности сущности к связи может быть обязательным и необязательным.

При **обязательном классе** принадлежности каждый экземпляр сущности обязательно должен быть связан с другой сущностью.

При **необязательном классе** принадлежности не требуется, чтобы каждый экземпляр сущности был связан с каким-либо экземпляром другой сущности. В БГД хранится информация обо всех экземплярах сущностей, но только некоторые из них связаны с экземплярами другой сущности.

Для отображения характеристик связи на диаграмме может использоваться, например, символ «точка». Если точка внутри прямоугольника, то соответствующая прямоугольнику сущность имеет обязательный класс принадлежности. Если вне прямоугольника, то необязательный класс принадлежности. Цифры или буквы рядом с точками указывают на степень связи.

Сочетание трех типов связей с двумя классами принадлежности дают возможность описания множества различных вариантов связей в предметной области. На диаграмме (рис 1.31) представлены шесть связей. Сущность **ЛЕС** участвует в четырех из них. Сущность **ДИРЕКТОР** участвует только в одной связи – руководит. Ограничения кардинальности показывают, что каждый **СОТРУДНИК** обслуживает только один **ЛЕС**, но один лес может обслуживаться несколькими сотрудниками.

Отдельные связи являются по своей природе пространственными. К ним относятся следующие связи: **ПЕРЕСЕКАЕТ**, **НАХОДИТСЯ**, **ПРИНАДЛЕЖИТ**, **РУКОВОДИТ**, **ОБСЛУЖИВАЕТ**.

Отображение ER-диаграмм на реляционной модели

Общий подход к построению БД с использованием ER-метода состоит в выполнении следующих шагов:

1. Построение диаграммы ER-типа. В диаграмму должны быть включены все сущности и связи, важные с точки зрения интересов организации.
2. Анализ связей и определение их характеристик: степень связи и класс принадлежности.
3. Построение набора предварительных отношений с указанием предполагаемого первичного ключа для каждого отношения. Имя отношения – существительное в единственном числе.
4. Подготовка списка всех атрибутов (тех, которые не были перечислены в диаграмме ER-типа в качестве ключей сущности) и назначение каждого из этих атрибутов одному из предварительных отношений. Эти отношения должны находиться в нормальной форме Бойса Кодда (НФБК).
5. Проверка, все ли полученные отношения находятся в НФБК.
6. Построение схемы данных.
7. Уточнение ER-диаграмм, если полученные отношения не находятся в НФБК или некоторые атрибуты отсутствуют в предварительных отношениях.

Ранее были выполнены первые два шага процесса проектирования, третий шаг – построение предварительных отношений. Построение отношений выполняется по определенным правилам, которые будут рассмотрены далее.

Предварительные отношения для бинарных связей 1:1

Перечень общих правил генерации отношений из диаграмм ER-типа можно получить, опираясь на класс принадлежности и степень связи.

Правило 1. Если степень бинарной связи 1:1 и класс принадлежности обеих сущностей является обязательным, то требуется только одно отношение. Первичным ключом этого отношения может быть ключ любой из двух сущностей.

ПРИМЕР 1. Сотрудник обслуживает озеро (см. рис. 1.31)

Получаем следующее отношение (табл. 1.1).

СОТРУДНИК (КС, Фамилия, Телефон, КО, Рыба, Площадь).

Таблица 1.1 – Первоначальный вид таблицы «Сотрудники»

КС	Фамилия	Телефон	КО	Рыба	Площадь
С1	Иванов	234566	О1	Карась	8
С2	Андреев	233367	О2	Карп	6
С3	Суслов	226785	О3	Щука	3
С4	Репин	274564	О4	Лещ	9

Гарантируется однократное появление каждого значения **КС** (код сотрудника) и **КО** (код озера). Отношение никогда не будет содержать ни пустых данных, ни повторяющихся групп избыточных данных.

Правило 2. Если степень бинарной связи 1:1 и класс принадлежности одной сущности является обязательным, а другой – необязательным, то необходимо построение двух отношений. Под каждую сущность выделяется одно отношение, при этом ключ сущности должен служить первичным ключом для соответствующего отношения. Кроме того, ключ сущности, для которого класс принадлежности является необязательным, добавляется в качестве атрибута в отношение, выделенное для сущности с обязательным классом принадлежности.

ПРИМЕР 2. Класс принадлежности сущности **СОТРУДНИК** – обязательный, а сущности **ОЗЕРО** – необязательный (рис. 1.32).



Рисунок 1.32 – ER-диаграмма для примера 2

Получаем отношения: **СОТРУДНИК** (КС, Фамилия, Телефон, КО) (табл. 1.2), **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь) (табл. 1.3).

Таблица 1.2 – Измененная таблица «Сотрудники»

КС	Фамилия	Телефон	КО
С1	Иванов	234566	О1
С2	Андреев	233367	О2
С3	Суслов	226785	О3
С4	Репин	274564	О4

Таблица 1.3 – Первоначальный вид таблицы «Озера»

КО	Рыба	Площадь
O1	Карась	8
O2	Карп	6
O3	Щука	3
O4	Лещ	9

Правило 3. Если степень бинарной связи равна 1:1 и класс принадлежности ни одной из сущностей не является обязательным, то необходимо использовать три отношения: по одному для каждой сущности и одно отношение для связи. Ключ каждой сущности используется в качестве первичного ключа соответствующего отношения. Отношение связи должно иметь в числе своих атрибутов ключи каждой сущности.

ПРИМЕР 3. Класс принадлежности сущностей **СОТРУДНИК** и **ОЗЕРО** – необязательный (рис. 1.33).

Получаем отношения: **СОТРУДНИКИ** (КС, Фамилия, Телефон) (табл. 1.4), **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь) (табл. 1.5), **ОБСЛУЖИВАЕТ** (КС, КО) (табл. 1.6).



Рисунок 1.33 – ER-диаграмма для примера 3

Таблица 1.4 – Окончательный вид таблицы «Сотрудники»

КС	Фамилия	Телефон
C1	Иванов	234566
C2	Андреев	233367
C3	Суслов	226785
C4	Репин	274564

Таблица 1.5 – Измененная таблица «Озера»

КО	Рыба	Площадь
O1	Карась	8
O2	Карп	6
O3	Щука	3
O4	Лещ	9

Таблица 1.6 – Озера, обслуживаемые сотрудниками

КС	КО
С1	О1
С3	О3
С4	О4

Проведя анализ диаграммы можно заключить, что оба отношения находятся в НФБК. Детерминанты КС и КО являются ключевыми атрибутами.

Предварительные отношения для бинарных связей 1:N

В такой ситуации используются два правила. Каждое из них определяется классом принадлежности М-связной сущности. Класс принадлежности односвязной сущности на результат не влияет. Рассмотрим правила построения отношений.

Правило 4. Если степень бинарной связи равна 1:М и класс принадлежности М-связной сущности является обязательным, то это значит, что достаточным является использование двух отношений, по одному на каждую сущность. Ключ каждой сущности служит первичным ключом для соответствующего отношения. Дополнительно ключ односвязной сущности должен быть добавлен как атрибут в отношение для М-связной сущности.

ПРИМЕР 4. Класс принадлежности сущностей **СОТРУДНИК** (КС, Фамилия, Телефон) – необязательный, **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь, КС) – обязательный (рис. 1.34).

Получаем отношения: **СОТРУДНИКИ** (КС, Фамилия, Телефон) (табл. 1.3), **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь, КС) (табл. 1.7).



Рисунок 1.34 – ER-диаграмма для примера 4

Таблица 1.7 – Окончательный вид таблицы «Озера»

КО	Рыба	Площадь	КС
O1	Карась	48	C1
O2	Карп	56	C2
O3	Щука	34	C1
O4	Лещь	68	C4

Правило 5. Если степень бинарной связи равна 1:N и класс принадлежности N-связной сущности является необязательным, то это значит, что необходимо формирование трех отношений: по одному для каждой сущности и одного отношения для связи. Причем ключ каждой сущности будет использован в качестве первичного ключа соответствующего отношения. Отношение связи должно иметь в числе своих атрибутов ключи каждой сущности.

ПРИМЕР 5. Класс принадлежности сущностей **СОТРУДНИК** (КС, Фамилия, Телефон) – необязательный, **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь, КС) – необязательный (рис. 1.35).

Получаем отношения: **СОТРУДНИКИ** (КС, Фамилия, Телефон) (табл. 1.3), **ОЗЕРО** (КО, Рыба, Площадь, КС) (табл. 1.6).



Рисунок 1.35 – ER-диаграмма для примера 5

Автоматизация отображения модели «сущность-связь» на реляционную модель

Выполнять преобразование модели «сущность-связь» в реляционную схему могут многие программные пакеты, называемые также CASE-средствами. Среди них – ERwin, Oracle Designer 2000, Rational Rose и другие. Такая возможность преобразования позволяет проектировщикам баз данных работать с инфологической моделью данных, концентрируясь на нуждах предметной области приложения. Если бы не присутствие пространственных атрибутов, можно было бы произвести бесшовное и интуитивное отображение модели «сущность-связь» на реляционную

модель данных. Перечислим пять основных этапов отображения модели «сущность-связь» на реляционную модель данных:

1. Отобразить каждую сущность в отдельное отношение. Атрибуты сущности отображаются в атрибуты отношения. Аналогично ключ сущности становится первичным ключом отношения.

2. Для связей с кардинальностью 1:1 сделать ключевой атрибут любой одной сущности внешним ключом другой сущности.

3. Если связь имеет кардинальность M:1, сделать первичный ключ отношения на стороне 1 внешним ключом отношения на стороне M.

4. Связи с кардинальностью M:M следует обрабатывать иначе. Каждую связь M:M отобразить на новое отношение. Имя этого отношения должно совпадать с названием связи, а первичный ключ отношения – состоять из пары первичных ключей задействованных сущностей. Если связь имеет какие-либо атрибуты, то они становятся атрибутами нового отношения.

5. Для многозначных атрибутов создать новое отношение, в состав которого должны входить два столбца: столбец, соответствующий многозначному атрибуту, и столбец, соответствующий ключу сущности, которая владеет этим многозначным атрибутом. Вместе многозначный атрибут и ключ сущности должны образовать первичный ключ нового отношения.

ПРИМЕР. Сущность **УЧАСТОК** (Лесонасаждение) имеет многозначный атрибут **НОМЕР_УЧАСТКА**, который является целочисленным идентификатором геометрического местоположения участка. **НОМЕР_ТОЧКИ** является многозначным атрибутом, поскольку лесонасаждение может занимать два непересекающихся геометрических многоугольника (например, лесонасаждение может разделять дорога). Поэтому необходимо использовать отношение **Геом_Насаждение**. Аналогично следует вводить отношения **Геом_Лес**, **Геом_Озеро**, **Геом_Постройка**.

Атрибут **ВЫСОТА** требует иного подхода. Прежде всего, необходимо отметить что высота – это многозначный атрибут. Поэтому, требуется новое отношение **Высота**. На рисунке 1.36 показано, что атрибутами этого нового отношения являются **Название_леса**, **Номер_точки** и **Высота**. Атрибут **Высота** содержит высоту лесонасаждения в точке **Номер_точки**. В этой таблице все три атрибута образуют первичный ключ.



Рисунок 1.36 – Схема представления участков лесонасаждений, точек и высот

Пространственные таблицы. Топология данных

В реляционной модели пространственные и пространственно-зависимые атрибуты, присутствующие на диаграмме «сущность-связь», следует обрабатывать особым образом. Новые домены, например пространственные объекты, представляют как новые отношения. Первичные ключи этих отношений используют как внешние ключи в тех отношениях, которые представляют сущности, содержащие атрибуты этих типов (доменов).

Как было описано ранее, **Номер_Точки**, и **Номер_Участка** – это новые домены, и их можно смоделировать с использованием отдельных отношений. Каждому из этих атрибутов соответствует одно отношение: **Точка** (Point) и **Многоугольник** (Polygon).

Таблица **Точка** имеет три атрибута: **Номер_Точки**, **Долгота** и **Широта**. Несмотря на то, что существует большое количество других систем координат, более распространенная географическая система (широта, долгота), и все прочие системы можно получить на ее основе.

Прямая линия конечного размера может быть описана двумя точками. Следовательно, атрибут **номер_точки** в таблице **Линия** является внешним ключом таблицы точек. Атрибут **порядковый_номер** указывает порядковый номер точек, образующих линию с атрибутом **номер_линии**.

В таблице **Участок** первый и последний порядковые номера должны указывать на один и тот же **номер_точки**.

В итоге можно сделать вывод о том, что модель «сущность-связь» находит широкое применение в моделировании данных на концептуаль-

ном уровне, хотя ее и не разрабатывали как особую форму представления данных: в основном данную модель используют для работы с простыми типами данных и конструкциями. Эту модель можно отобразить на модель реляционной базы данных, последовательно выполняя ряд подробно описанных действий.

Модель «сущность-связь» и реляционную модель необходимо обогащать с целью поддержки особых характеристик пространственных данных. Модель «сущность-связь» можно расширить путем введения пиктограмм, которые символически изображают различные типы пространственных данных и связей. Аналогично реляционную модель можно расширять посредством встраивания новых типов данных и связанных с ними операций.

Вопросы для самоконтроля

1. С чем связаны проблемы логического проектирования баз данных?
2. С чем связаны проблемы физического проектирования баз данных?
3. Поясните цель инфологического проектирования предметной области.
4. Охарактеризуйте базовые понятия модели «сущность-связь».
5. Дайте определение «атрибуту сущности». Приведите примеры.
6. Какие виды связей вы знаете? Приведите примеры.
7. Из каких шагов состоит отображение ER-диаграммы на реляционную модель?
8. В чем суть декомпозиции и принципов нормализации?
9. Поясните в чем заключаются аномалии нормализованного отношения. Приведите примеры.
10. Перечислите нормальные формы отношений в базах данных. Приведите примеры.

РАЗДЕЛ 2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ГЕОДАННЫХ

2.1 АННОТАЦИИ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ

Аннотации и классы аннотаций

Аннотации (annotation) или **надписи** – это удобный способ хранения подписей к карте в ArcMap, позволяющий сохранять их на карте не в графическом слое (непосредственно в проекте), а как картографические объекты.

При этом их значительно легче редактировать, перемещать, изменять, привязывать к базовой линии. Аннотации можно хранить в географической проекции и подгружать в спроецированный вид, при этом они будут трансформированы в нужную проекцию так же быстро, как и обычные данные. Преимущества такого хранения текстовых данных, очевидно.

Аннотация – это разновидность пространственного объекта, представляющего текстовое описание участка местности или пространственного объекта.

Класс аннотаций (annotation feature class) – это класс пространственных объектов, которые содержат аннотации. Все аннотации в классе аннотаций обладают одинаковыми наборами атрибутов.

Применяются два типа аннотаций:

- аннотации, связанные с пространственным объектом;
- простые аннотации.

Аннотация, связанная с пространственным объектом

Большинство пространственных объектов на карте имеют аннотации. В качестве аннотации обычно применяется название места или объекта, но это может быть также любой атрибут пространственного объекта. Такие аннотации динамически подписывают пространственные объекты (рис. 2.1).

Аннотации можно жестко связать с пространственными объектами, если определить составное отношение между классом аннотаций и классом пространственных объектов. Такой вариант называется аннотацией, связанной с пространственным объектом.

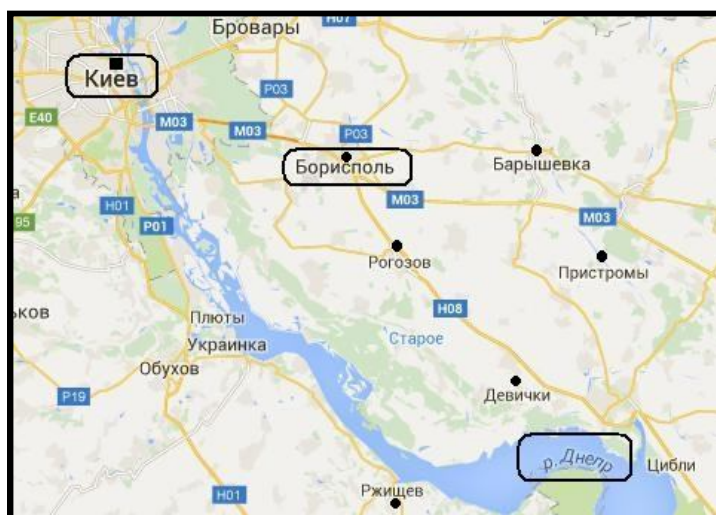


Рисунок 2.1 – Пример аннотации, связанной с пространственным объектом

Класс аннотаций включает такие свойства, как поле текстовых меток, тип условного знака и другие атрибуты (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Свойства класса аннотаций

При создании нового пространственного объекта в классе составных пространственных объектов классу аннотаций посылают уведомление. Это позволяет автоматически разместить соответствующую аннотацию. Когда составной пространственный объект удаляют, удаляется также и связанная с ним аннотация. Когда составной пространственный объект изменяют, классу аннотаций отправляется стандартное уведомление, используемое в составном отношении.

Простая аннотация

На карте встречаются аннотации, не связанные с пространственными объектами. Простые аннотации можно использовать в следующих целях:

- отображение информации о сетке карты, например, значений широты, долготы или координат;

- обозначение больших или недостаточно определенных географических сущностей, не представленных отдельным пространственным объектом;
- отображение на карте любого текста.



Рисунок 2.3 – Пример простой аннотации

Простая аннотация применяется для размещения текста на карте произвольным образом (рис. 2.3). Такая аннотация хранится в классе аннотаций, который не связан отношением с пространственными объектами. Простая аннотация не имеет отношений с атрибутами какого-либо пространственного объекта.

Работа со слоем аннотаций в ArcGIS

Слой аннотаций (annotation layer) можно создать двумя способами – **экспортом** обычных надписей или **непосредственным вводом**. И в том и в другом случае начинать работу следует с создания базы геоданных – пакетного файла с расширением **.mdb**, в котором могут храниться аннотации.

Для этого необходимо вызвать приложение **ArcCatalog** (файл-менеджер ГИС-данных, по структуре организованный как Проводник Windows, рис. 2.4). Затем выбрать нужную папку слева, вызвать контекстное меню на необходимой папке, выбрать в меню команду **New / Personal Geodatabase**. Созданная база геоданных появится в окне справа, в котором ее можно переименовать (например **annotation.mdb**, рис. 2.5).

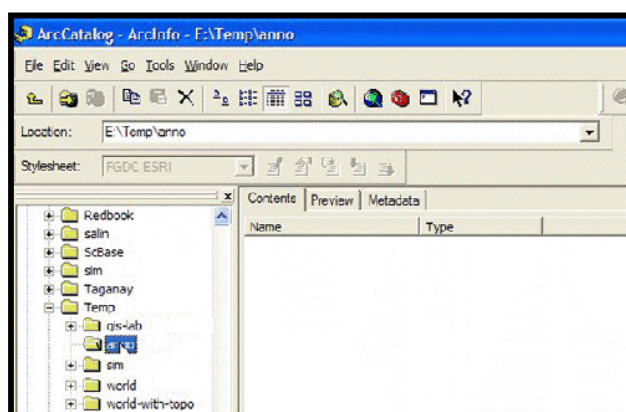


Рисунок 2.4 – Окно приложения ArcCatalog

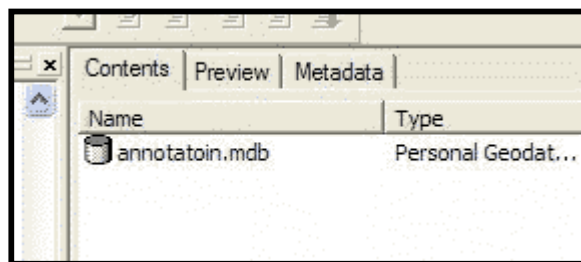


Рисунок 2.5 – Значок созданной базы геоданных

Ручной ввод надписей на карту

Созданную базу геоданных можно открыть двойным щелчком левой кнопки мыши (ЛКМ), которая на данном этапе будет пуста. Для создания класса аннотаций необходимо выбрать в меню **File** команды **New / Feature class**. В появившемся диалоговом окне, будет предложено ввести название класса объектов и его тип (рис. 2.6). Здесь нужно ввести название, отметить «**This feature class will store annotation features.....**» и выбрать в выпадающем списке **ESRI Annotation Feature**. Поле **Alias** (псевдоним) можно оставить пустым. В следующем окне нужно выбрать базовый масштаб слоя надписей, это очень важно, если вы предполагаете, что при масштабе 1 : 5000000 надпись должна быть сделана шрифтом размером 10 пт (рис. 2.7). Тогда при выводе на печать надпись будет отображаться только в этом масштабе, в более крупном масштабе будет больше, в более мелком – меньше. Единицы карты (Map Units) нужно поменять на метры.

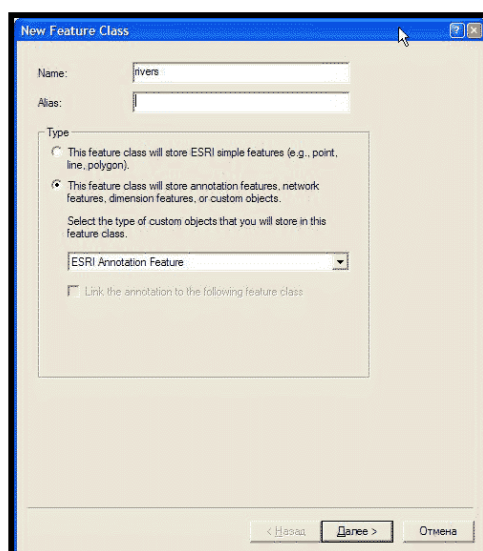


Рисунок 2.6 – Создание класса объектов Annotation

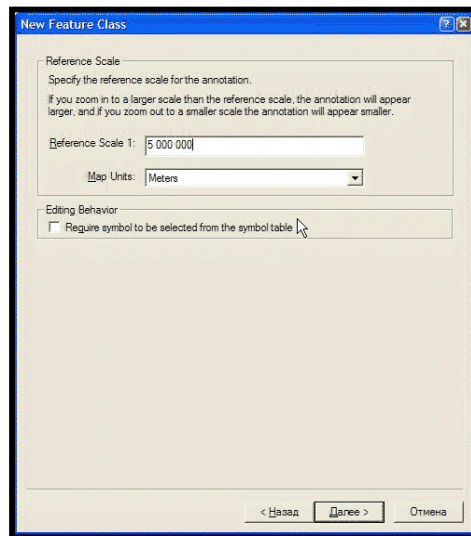


Рисунок 2.7 – Установка базового масштаба для класса Annotation

Если все надписи в слое будут одного формата, то можно оставить один **Annotation class**, изменив только его формат при помощи инструментов форматирования текста. Но, предположим, необходимо подписать объекты карты так, чтобы крупные и мелкие объекты были подписаны по разному. В этом случае необходимо создать несколько классов аннотаций с разными форматами шрифта соответствующего класса (рис. 2.8). В нижней части окна можно задать максимальный и минимальный масштабы, при которых надписи будут отображаться.

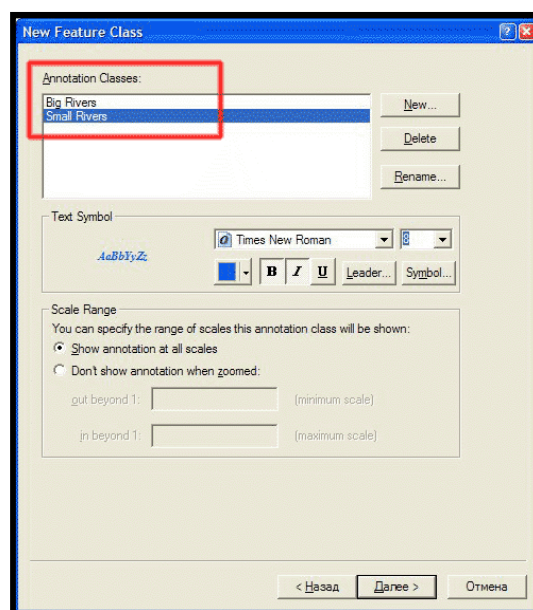


Рисунок 2.8 – Разные стили текста для разных классов аннотаций

В следующих двух диалоговых окнах можно все оставить без изменений. После того как создан класс аннотаций необходимо задать ему систему координат. Для этого в контекстном меню для слоя, необходимо выбрать **Preferences / Fields**; в появившемся окне поле **Shape**, а в списке полей – **Spatial reference** (в открывшемся списке свойства поля внизу (рис. 2.9). Затем выбрать необходимую систему координат **Geographic / Europe / Pulkovo 1942** (или иную в зависимости от системы координат вашей карты).

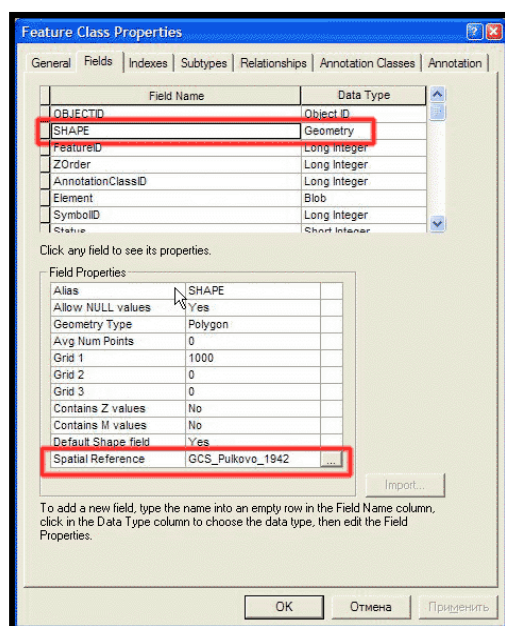


Рисунок 2.9 – Выбор системы координат для класса аннотаций

После этого необходимо добавить созданный аннотативный слой в проект **ArcMap** и перейти в режим его редактирования. Для последующего создания надписей удобно пользоваться окном **Create Features** (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Окно **Create Features** для работы с надписями

При редактировании и форматировании аннотаций следует пользоваться окном, изображенным на рисунке 2.11.

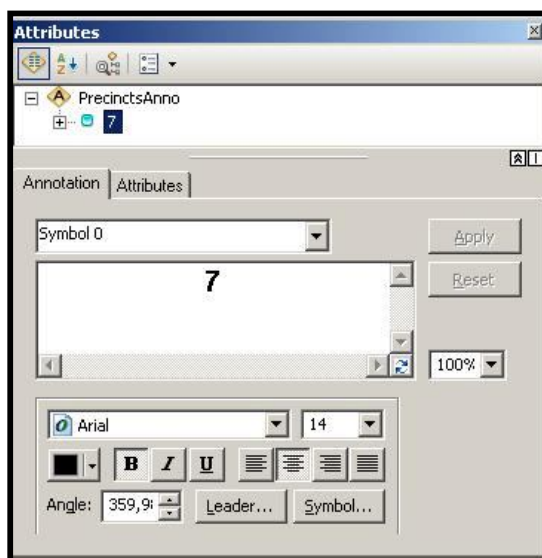


Рисунок 2.11 – Окно **Attributes** для редактирования созданных надписей

При ручном вводе надписей работает только расположение текста **Curved** (текст вдоль кривой). Для этого необходимо ввести текст надписи, выбрать нужный класс символа и нарисовать базовую линию, вдоль которой будет расположен текст (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Ввод надписей по искривленной базовой линии

Далее можно редактировать положение надписи, преобразовывать ее в горизонтальную или прямую наклонную, изменять базовую линию.

Также необходимо обратить внимание на редактирование узлов (**Sketch**) базовой линии. Если предполагается, что впоследствии слой с аннотациями будет экспортирован в какой-либо графический редактор как текст, а не как кривые, то нужно внимательно следить за расположением «рычагов» поворота сегментов линии, у них не должно быть резких отклонений; кроме того, не рекомендуется делать перегибы линии более

чем 45° градусов, максимум 60°. Если не соблюдать эти правила, текст в графическом редакторе, частично сдвинется или вообще перевернется (рис. 2.13).

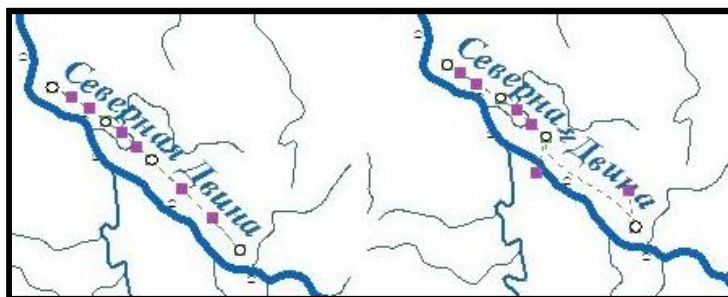


Рисунок 2.13 – Слева корректная аннотация, справа – некорректная (белые окружности – узлы базовой линии, квадраты – рычаги поворота сегментов)

Многие параметры надписи можно изменить, вызвав атрибутивную таблицу в **ArcMap**. Если необходимо изменить параметры надписей какого-либо класса, то это можно сделать через свойства **Annotation Layer** (аннотативного слоя) в **ArcCatalog**.

Экспорт подписей из атрибутивной таблицы

Для создания слоя с аннотациями на основе атрибутивной таблицы необходимо файл базы геоданных создать заранее. Также необходимо сначала подписать объекты на этом слое в обычном режиме. Для этого в окне **Layer Properties** (Свойства слоя) необходимо перейти на вкладку **Labels** (Надписи) и установить флажок для опции **Label features in this layer** (рис. 2.14).

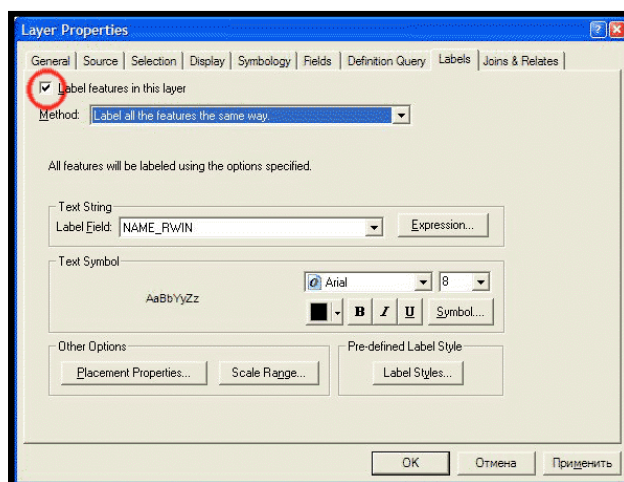


Рисунок 2.14 – Настройка вкладки **Labels** окна **Layer Properties**

Placement Properties

Placement | Conflict Detection

Label Weight

Label weight: High

This determines whether the labels in this layer can be overlapped by labels from other layers. The higher the weight, the less likely the labels are to be overlapped.

Feature Weight

Feature weight: None

This determines whether the features in this layer can be overlapped by labels from this or any other layer. Labels will only be placed over features with a lower weight.

Tip: For fastest drawing speed use feature weight None.

Buffer

Buffer defined as a ratio of the label's height: 0

This prevents adjacent labels from being placed too close together by defining a buffer around each label within which no other labels will be placed.

Tip: 0 = no label buffer, 1 = label buffer same height as label.

☒ Place overlapping labels

OK Отмена



Рисунок 2.16 – Фрагмент окна карты с надписями городов

Для создания нового слоя с надписями необходимо правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню на названии подписанного слоя и выбрать команду **Convert Labels To Annotation** (Преобразования надписей в аннотации). Появится диалоговое окно, показанное на рисунке 2.17. Необходимо выбрать текущую базу геоданных, с помощью значка, обведенного на рисунке и задать имя слоя.

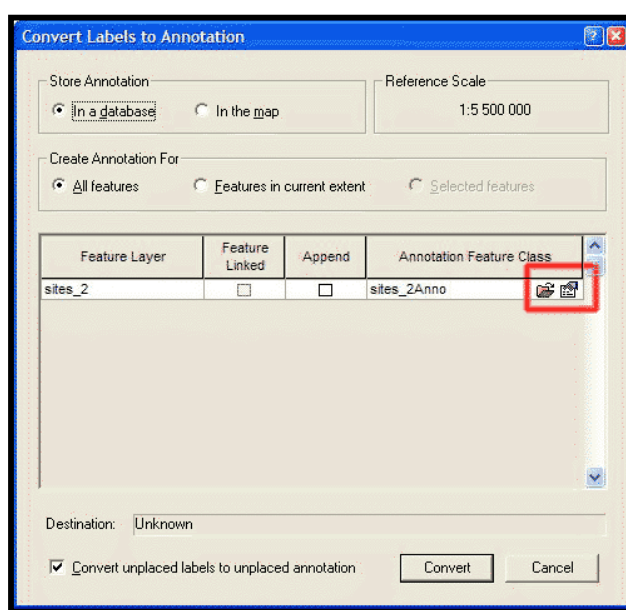


Рисунок 2.17 – Окно конвертации надписей объектов слоя

После нажатия кнопки **Convert** произойдет генерация аннотативного слоя. По окончании конвертации появится новый слой, в котором будут находиться надписи. Перейдя в **ArcCatalog**, можно поменять свойства нового слоя, в частности установить другую легенду (из нескольких классов подписей) и указать проекцию слоя. Эти операции выполняются при закрытом проекте, в который загружен слой, иначе опции настройки слоя будут недоступны. Дальнейшие операции с надписями производятся так же, как было описано выше; кроме того, можно добавлять новые надписи.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие подклассы аннотаций вы знаете? Дайте их характеристику.
2. В чем разница между обычными и объектно-связанными аннотациями?
3. Для чего аннотации в БГД выносятся на отдельный слой?
4. Какие способы создания аннотаций в БГД вы знаете? Охарактеризуйте их.
5. Каким образом можно изменять параметры надписей в ArcMap?

2.2 СОЗДАНИЕ ТОПОЛОГИИ

Общие сведения о топологии

Топология (от древнегреческого τόπος – место и λόγος – слово, учение) – это раздел математики, изучающий в самом общем виде явление непрерывности, в частности свойства пространства, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях, например связность и ориентируемость. В отличие от геометрии в топологии не рассматриваются метрические свойства объектов (расстояние между двумя точками) (рис. 2.18).

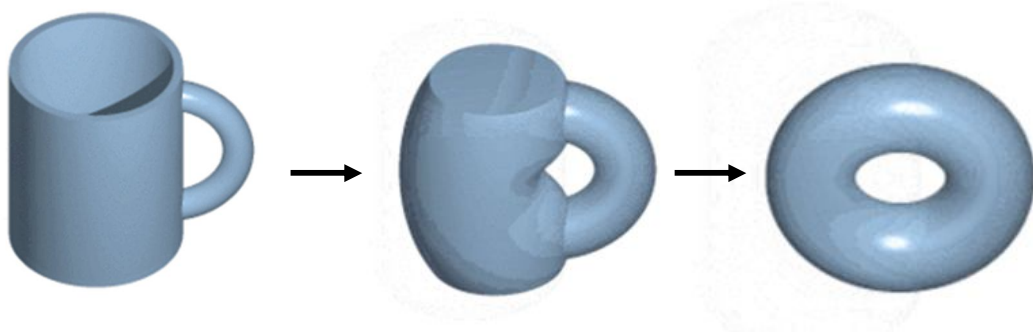


Рисунок 2.18 – С точки зрения топологии, кружка и тор неотличимы

Очень важными для топологии являются понятия «гомеоморфизма» и «гомотопии». Их можно назвать типами деформации, происходящими без разрывов и склеиваний (рис. 2.19).



Рисунок 2.19 – Лента Мёбиуса – поверхность с одной стороной и одним краем

Экскурс в историю

Раздел математики, который теперь называется «топология», берет свое начало в изучении некоторых задач геометрии. Различные источники указывают на первые топологические по духу результаты в работах Г. В. Лейбница (1646–1716) и Л. Эйлера (1707–1783), однако термин «топология» впервые появился в 1847 г. в работе И. Б. Листинга (1808–1882). Листинг определил топологию так: «Под топологией будем понимать учение о модальных отношениях пространственных образов, или о законах связности, взаимного положения и следования точек, линий, поверхностей, тел и их частей или их совокупности в пространстве, независимо от отношений мер и величин». Когда топология еще только зарождалась (XVIII – XIX вв.), её называли «геометрия размещения» (от латинского *geometria situs*) или «анализ размещения» (от латинского *analysis situs*). Приблизительно в 1925–1975 гг. топология являлась быстро развивающейся отраслью математики.

Общая топология зародилась в конце XIX в. и оформилась в самостоятельную математическую дисциплину в начале XX в. основополагающие работы принадлежат Ф. Хаусдорфу (1868–1942), Ж. А. Пуанкаре (1854–1912), П. С. Александрову (1896–1912), П. С. Урысону (1896–1924), Л. Э. Я. Брауэру (1881–1996) и Л. Эйлеру. Эйлер родился в Базеле, Швейцария 5 апреля 1707 г. а умер в Санкт-Петербурге, Российская империя 7 сентября 1783 г. Этот швейцарский, немецкий и российский математик и механик, внёсший фундаментальный вклад в развитие науки топология (а также физики, астрономии и ряда других прикладных наук) (рис. 2.20).



Рисунок 2.20 – Леонард Эйлер

Эйлер стал автором более чем 850 работ (включая два десятка фундаментальных монографий) по математическому анализу, дифференциальной геометрии, теории чисел, приближённым вычислениям, небесной механике, математической физике, оптике, баллистике, кораблестроению, теории музыки, академиком Петербургской, Берлинской, Туринской, Лиссабонской и Базельской академий наук, иностранным членом Парижской академии наук. Почти половину жизни он провёл в России и внёс существенный вклад в становление российской науки. В 1726 г. он был приглашён работать в Санкт-Петербург. В 1726–1741 гг., а также с 1766 г. был академиком Петербургской академии наук (будучи сначала адъюнктом, а с 1731 г. – профессором); в 1741–1766 гг. работал в Берлине (оставаясь одновременно почётным членом Петербургской академии). Хорошо знал русский язык и часть своих сочинений (особенно учебники) публиковал на русском языке. Первые русские академики-математики (С. К. Котельников) и астрономы (С. Я. Румовский) были учениками Эйлера. Некоторые из его потомков до сих пор живут в России.

Леонард Эйлер первым в своих работах начал рассматривать анализ чисел как науку. Только после его исследований, изложенных в томах его трилогии «Введение в анализ», «Дифференциальное исчисление» и «Интегральное исчисление», анализ стал вполне оформившейся наукой.

Его отец, Пауль Эйлер, был пастором в селении Рихен (близ Базеля) и имел некоторые познания в математике. Отец предполагал, что его сын изберет духовную карьеру, но сам интересуясь математикой, преподавал ее Леонарду, надеясь, что она ему впоследствии пригодится в качестве интересного и полезного занятия. По окончании домашнего обучения тринадцатилетний Леонард был отправлен отцом в Базель для слушания курса философии.

Задача о семи мостах Кёнигсберга

Издавна среди жителей Кёнигсберга (нынешний Калининград) была распространена такая загадка: как пройти по всем мостам через реку Прегель, не проходя ни по одному из них дважды (рис. 2.21).

Многие жители пытались решить эту задачу во время прогулок как теоретически, так и практически. Однако на протяжении очень долгого времени ни доказать, ни опровергнуть возможность существования такого маршрута никто не мог.



Рисунок 2.21 – План семи мостов Кёнигсберга

В 1736 г. задача о семи мостах заинтересовала выдающегося математика, члена Петербургской академии наук Л. Эйлера, о чём он 13 марта 1736 г., написал в письме итальянскому математику и инженеру Мариони. В этом письме Эйлер сообщает о том, что он смог найти правило, пользуясь которым легко определить, можно ли пройти по всем мостам, не проходя дважды ни по одному из них. Ответ был отрицательным.

На упрощённой схеме города (графе) мостам соответствуют линии (дуги или ребра графа), а частям города – точки соединения линий (вершины графа) (рис. 2.22). В ходе рассуждений Эйлер пришёл к следующим выводам:

- число нечётных вершин (вершин, к которым ведёт нечётное число дуг) графа должно быть чётным. Не может существовать граф, который имел бы нечётное число нечётных вершин;
- если все вершины графа чётные, то это значит что можно, не отрывая карандаша от бумаги, начертить граф; при этом можно начать черчение схемы с любой вершины графа и завершить его в той же вершине;
- граф с более чем двумя нечётными вершинами невозможно начертить одним росчерком.

Граф кёнигсбергских мостов имел 4 нечётные вершины (то есть все), следовательно, невозможно было пройти по всем мостам, не проходя по одному из них дважды.

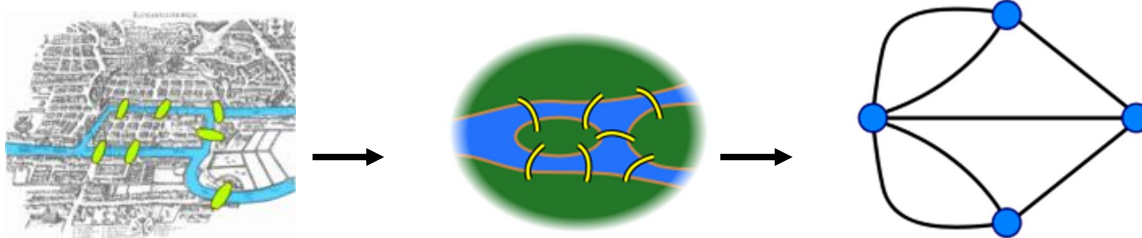


Рисунок 2.22 – Преобразование плана мостов в граф

Решение задачи

Если обозначить части суши на плане мостов Кёнигсберга красными заглавными буквами, а мосты – синими строчными, то можно рассматривать части суши в виде точек, а мосты – в виде линий. Таким образом, карта эквивалентна диаграмме на рисунке 2.23.

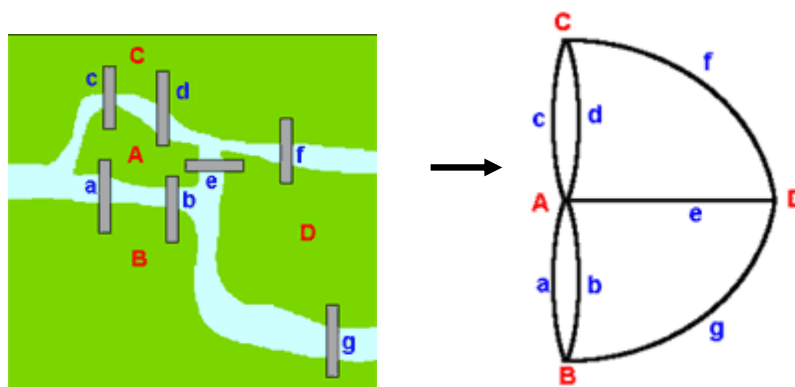


Рисунок 2.23 – Диаграмма, отображающая расположение семи мостов Кёнигсберга

Такую диаграмму называют сетью. Все точки: A, B, C и D называют вершинами. Все линии: a, b, c, d, e, f, и g называют дугами. Количество дуг, сходящихся к вершине, называют порядком вершины. Порядок вершины A равен пяти. Порядок трех других вершин (B, C и D) равен трем. Загадка Кенигсбергских мостов будет иметь решение, если можно нарисовать сеть, подобную изображенной на рисунке 2.23, не отрывая карандаша от бумаги и не пересекая дуги. Этот процесс называется обходом сети.

Эйлер показал, что если в сети есть более двух вершин, порядок которых – нечетное число, то обойти ее нельзя. Сеть же, представляющая задачу кенигсбергских мостов, имеет 4 нечетные вершины.

Сети

Для того чтобы разобраться с выводами Леонарда Эйлера, рассмотрим две сети, изображенные на рисунке 2.24. Сеть слева имеет 4 вершины, порядок каждой равен двум. Сеть справа имеет 5 вершин с аналогичными порядками (порядок равен 2). В обоих случаях вершины имеют четные порядки. Обе сети можно обойти, начав от любой вершины и вернувшись к ней.

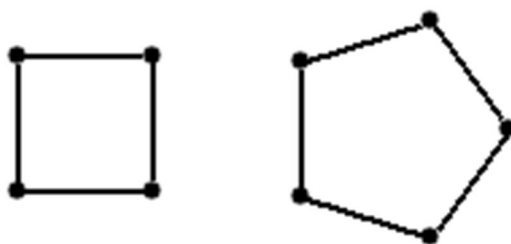


Рисунок 2.24 – Примеры сетей с вершинами, порядок которых равен двум

В сети на рисунке 2.25 вершины А и В имеют порядок равный трем – то есть число нечетное. Другие 4 вершины имеют порядок равный двум – то есть число четное. Эту сеть можно обойти несколькими способами, но отправной точкой должна быть вершина А или В, а конечной – другая нечетная вершина.

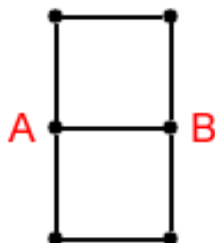


Рисунок 2.25 – Пример сети с вершинами разного порядка

На рисунке 2.26 изображена другая сеть с двумя нечетными вершинами. Ее также можно обходить до тех пор, пока конечными точками обхода не станут вершины С и D, являющиеся нечетными.

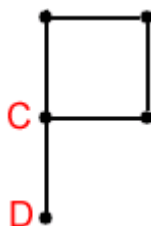


Рисунок 2.26 – Примеры сети с двумя нечетными вершинами

Из приведенных выше примеров следует, что в случае, если сеть имеет 2 нечетные вершины, для успешного обхода именно они должны быть начальной и конечной точками.

На рисунке 2.27 представлен пример другой сети, которую обойти нельзя, так как она имеет 4 нечетные вершины. Вершины Е и Н имеют порядок, равный единице. Порядок вершин F и G равен трем.

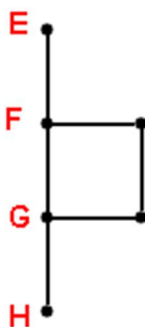


Рисунок 2.27 – Пример сети с нечетными вершинами

На рисунке 2.28 представлен еще один пример сети, которую нельзя обойти.

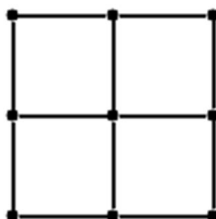


Рисунок 2.28 – Пример сети, которую нельзя обойти

Почему правило, сформулированное Леонардом Эйлером о том, что граф с более чем двумя нечётными вершинами невозможно начертить одним росчерком остается верным? Один из способов размышлений – понять, что в вершину четного порядка во время обхода можно войти и выйти. В вершину порядка равного двум можно войти и выйти из нее только один раз. Если порядок равен четырем, то через нее необходимо пройти дважды. Но если порядок равен нечетному числу, то один из входов в вершину будет последним, так как дуги для выхода у нее нет. Например, если порядок вершины равен семи, то через нее можно пройти трижды, обойдя при этом 6 дуг. Но приход к этой точке по седьмой дуге закрывает выход.

Применение топологии

При моделировании географических объектов часто приходится моделировать не только сами объекты, но и пространственные отношения между ними.

ПРИМЕР. Представление территорий стран должно быть смоделировано таким образом, чтобы между территориями соседних стран не было ни промежутков, ни перекрытий вдоль общей границы. Субъекты административного деления должны размещаться полностью в пределах государственной границы.

ПРИМЕР. Улицы должны быть смоделированы так, чтобы две улицы встречались только на перекрестках и никогда не имели общих отрезков. А автобусные остановки должны всегда размещаться на улице. В базе геоданных такие отношения моделируются с помощью механизма под названием **топология**.

В ArcGIS топология реализована посредством набора правил, определяющих, каким образом пространственные объекты могут совместно размещаться в географическом пространстве; а также с помощью инструментов редактирования, которые работают с пространственными объектами, имеющими общую геометрию.

В базе геоданных топология хранится в виде отношения или некоторого количества отношений, определяющего, каким образом объекты одного или нескольких классов пространственных объектов совместно используют общие элементы геометрии. Пространственные объекты, участвующие в топологии, являются простыми пространственными объектами: не изменяя определения класса пространственных объектов, топология является только описанием пространственных связей между объектами.

Понятие топологии

Исторически сложилось так, что топология рассматривалась как некая структура, используемая для того, чтобы обеспечивать непротиворечивость и чистоту пространственных данных с точки зрения взаимного расположения объектов в пространстве. С развитием объектно-ориентированных ГИС возник другой взгляд на топологию. Современные базы геоданных обеспечивают подход к моделированию географии, объединяющий поведение пространственных объектов разных типов и разные типы ключевых отношений. В таком контексте топология представляет со-

бой набор правил и отношений, которые в совокупности с инструментами и технологиями редактирования позволяют более точно моделировать в базе геоданных реальные пространственные отношения.

Топология, рассматриваемая с точки зрения поведения объектов, позволяет моделировать пространственные отношения более гибко, чем топология, рассматриваемая как структура. Это также позволяет описывать топологические отношения между разными типами данных в наборе данных. При использовании такого подхода топология по-прежнему применяется для обеспечения непротиворечивости и целостности данных, но помимо этого, она позволяет гарантировать, что пространственные объекты будут подчиняться ключевым геометрическим правилам и играть определенную роль, отведенную для них в базе геоданных.

Применение топологии

В основном, топология применяется для обеспечения качества данных и позволяет более реалистично моделировать пространственные объекты. База геоданных обеспечивает среду, в которой пространственные объекты могут иметь поведение, например: подтипы, значения по умолчанию, атрибутивные домены, правила проверки и структурированные отношения с таблицами других объектов. Поведение позволяет более точно моделировать действительность и поддерживать связи между объектами в базе геоданных. Топологию можно рассматривать как расширение этой среды, позволяющее контролировать геометрические отношения между объектами и их геометрическую целостность. В отличие от других видов поведения объектов, правила топологии устанавливаются на уровне набора классов пространственных объектов, а не одного класса.

Каждый пользователь может работать с топологией по-своему, в зависимости от особенностей своей ГИС, рабочего процесса в своей организации и своей роли в этом рабочем процессе. ArcCatalog и ArcMap включают в себя инструменты для создания, оценки качества и управления этими топологическими отношениями.

Элементы топологии

Топология включает в себя несколько составляющих: правила, ранги, кластерные допуски. В нее также входят внутренние слои пространственных объектов, содержащие измененные области, ошибки и исключения.

Правила

Топологические правила задают допустимые отношения между объектами в пределах каждого класса пространственных объектов, между объектами разных классов и между объектами разных подтипов.

Например, правило «Не должны перекрываться», относится к полигонам и линиям (выделенные места обозначают, где правила нарушаются) (рис. 2.29). В топологии эти элементы хранятся как пространственные объекты-ошибки. Подобные правила могут применяться к объектам в пределах одного класса пространственных объектов, к парам классов или подтипам пространственных объектов.

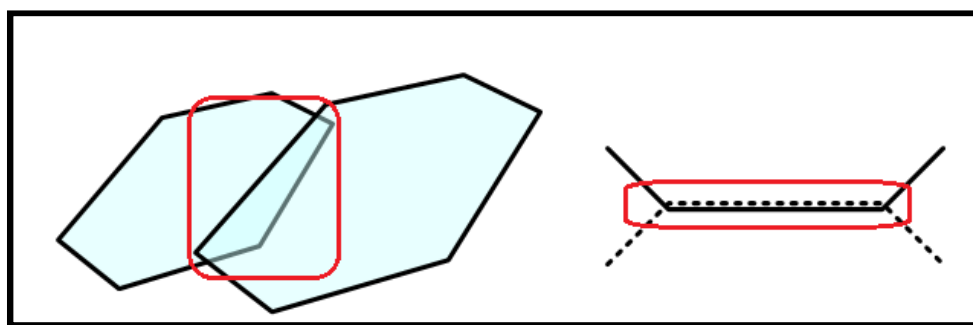


Рисунок 2.29 – Пример правила «Не должны перекрываться»

Первоначальная проверка топологии использует все правила для проверки всех пространственных объектов. Она может занять значительное время, в то время как последующие проверки выполняются только на участках, которые редактировались в измененных областях. Это существенно ускоряет время проверки и снижает нагрузку на процессор компьютера.

Кластерный допуск

Кластерный допуск – это наименьшее расстояние между вершинами пространственных объектов, которые считаются не совпадающими. Вершины, которые оказываются в пределах кластерного допуска, считаются совпадающими и для них выполняется процесс координатного совмещения (рис. 2.30).

Обычно кластерный допуск – это величина достаточно малая, чтобы минимизировать смещение корректно оцифрованных объектов. Кластерный допуск по умолчанию – это наименьший кластерный допуск, возможный для набора данных, и вычисляемый на основе точности и экстенда (непрерывной области) этого набора.

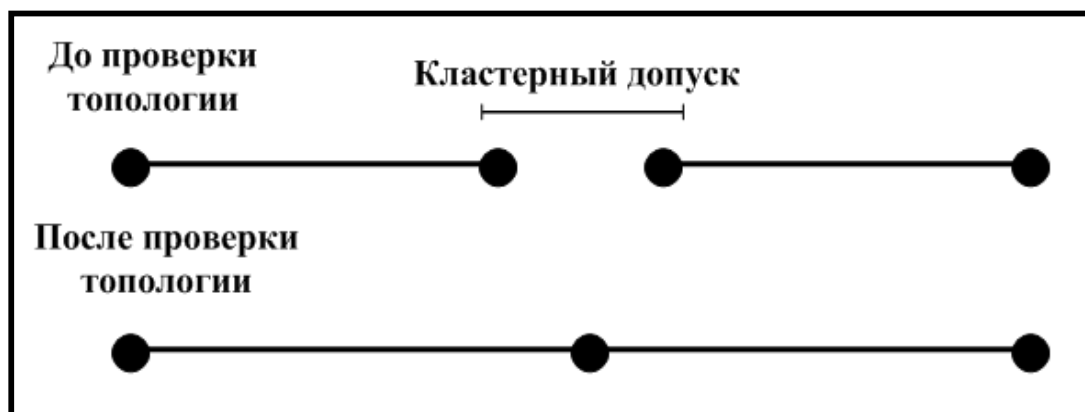


Рисунок 2.30 – Пример покрытия в ArcCatalog

Точность задает количество системных единиц на одну единицу измерения в наборе данных и, таким образом, определяет минимально различимое расстояние между точками этого набора. Пространственная привязка с точностью до единицы использует только целочисленные координаты, в то время как точность до тысячи позволяет использовать три знака после запятой. Экстент задает наибольшую географическую область, которая может быть представлена в наборе данных.

Ранги

Ранги определяют то, какие объекты могут быть перемещены при совмещении вершин в результате проверки топологии. Ранги, которые задают для классов пространственных объектов, определяют то, объекты каких классов будут перемещены при совмещении вершин во время первичной проверки топологии и всех последующих проверок.

ПРИМЕР. Когда разные классы пространственных объектов имеют разные уровни точности данных, например, одни данные были получены в результате геодезической съемки или с помощью системы глобального позиционирования (GPS), а другие – оцифрованы с менее точного источника, в этих случаях целесообразно использовать ранги. Это позволит добиться того, что точки с менее точными данными будут перемещаться к точкам с большей точностью, а не наоборот (рис. 2.31).

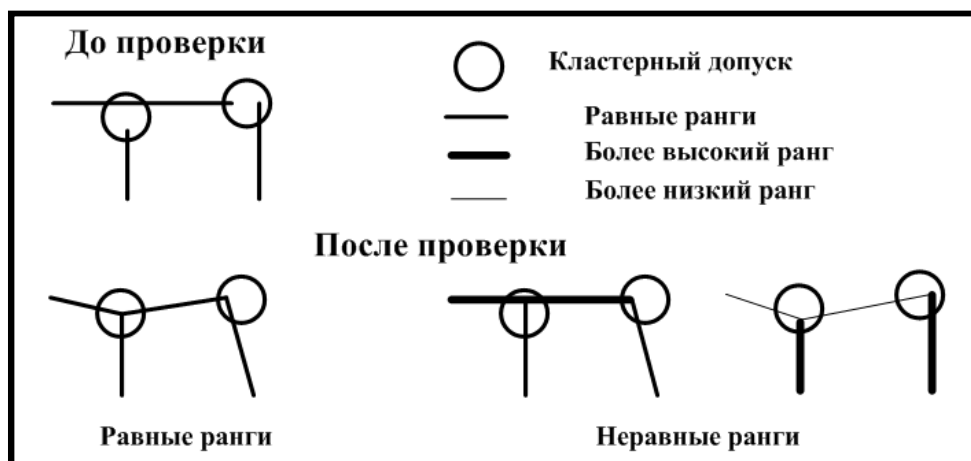


Рисунок 2.31 – Использование рангов при оцифровке

При проверке топологии ранги пространственных объектов контролируют процесс совмещения объектов. Объекты более нижних рангов совмещаются с объектами более высоких рангов. Местоположение объектов одинаковых рангов следует вычислять как среднее геометрическое.

Для облегчения процесса создания и редактирования логически корректной топологии в нее дополнительно включены два внутренних типа классов пространственных объектов: измененные области и пространственные объекты-ошибки.

Измененные области

Измененные области позволяют эффективно отслеживать те участки, на которых топологические правила могли быть нарушены в процессе редактирования. Этот механизм позволяет проверять после редактирования не весь экстенд топологии, а только избранные участки.

Измененные области создают в следующих случаях:

- был создан или удален пространственный объект;
- была изменена геометрия пространственного объекта;
- был изменен подтип пространственного объекта;
- произошло согласование версий;
- были изменены свойства топологии.

Измененные области хранятся в топологии как единый объект (рис. 2.32). Каждая новая измененная область присоединяется к существующей области, а каждая проверенная область удаляется.



Рисунок 2.32 – Пример покрытия в ArcCatalog

Ошибки и исключения

Топология также хранит пространственные объекты-ошибки, в которых регистрируются топологические ошибки, обнаруженные в процессе проверки. Некоторые ошибки в действительности могут не быть таковыми и в этом случае ошибочные пространственные объекты маркируются как исключения.

ArcMap и ArcCatalog позволяют создавать отчет, содержащий общее количество ошибок и исключений для классов пространственных объектов созданной топологии. Можно использовать количество ошибочных объектов из этого отчета как меру качества данных в топологическом наборе данных. Кроме того, «инспектор» ошибок в ArcMap позволяет выбирать различные типы ошибок и приводить оцифрованное изображение к индивидуальным требованиям.

ПРИМЕР. Исключения для правила «Не должны иметь висячих узлов». При проверке топологии объекты, нарушающие топологические правила, маркируют как ошибочные. В результате можно отредактировать объекты для устранения ошибок или же маркировать ошибки как исключения. В данном примере линейные объекты, представляющие улицы, не могут иметь висячих узлов, то есть концевых точек, которые не соединены с другими линейными объектами – улицами (рис. 2.33).

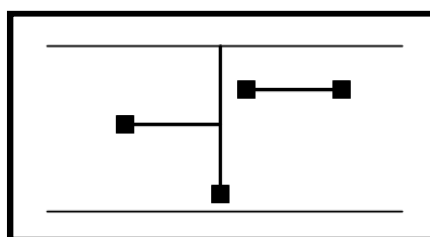


Рисунок 2.33 – Ошибочные объекты для правила
«Не должны иметь висячих узлов»

Поскольку тупиковые улицы являются очевидным исключением из этого правила, в топологии они должны быть маркированы как исключения. Остальные ошибки должны быть скорректированы путем редактирования линейных объектов, представляющих улицы.

Геометрические элементы, участвующие в топологии

Пространственные объекты, участвующие в топологии, относятся к классам простых пространственных объектов в одном и том же наборе классов объектов. Не изменяя определения классов пространственных объектов, топология обеспечивает описание того, как объекты в наборе классов могут быть пространственно связаны. Аннотации, объекты-размеры и объекты геометрических сетей не являются простыми пространственными объектами и не могут участвовать в топологии. Классы пространственных объектов, не входящие в набор классов объектов топологии, не могут принимать в ней участие, также классы пространственных объектов не могут участвовать более чем в одной топологии одновременно.

На уровне геометрии топологические правила подобны простым отношениям, таким как совпадение, перекрытие и пересечение между геометрическими элементами, образующими пространственные объекты. Хотя в топологии могут участвовать все геометрические примитивы простых пространственных объектов (точки, линии и полигоны), непосредственно в процессе редактирования могут участвовать лишь следующие геометрические элементы (рис. 2.34):

- ребра (линейные сегменты, из которых состоят линии);
- узлы – точки на концах ребер;
- псевдоузлы – узлы, соединяющие только два ребра.

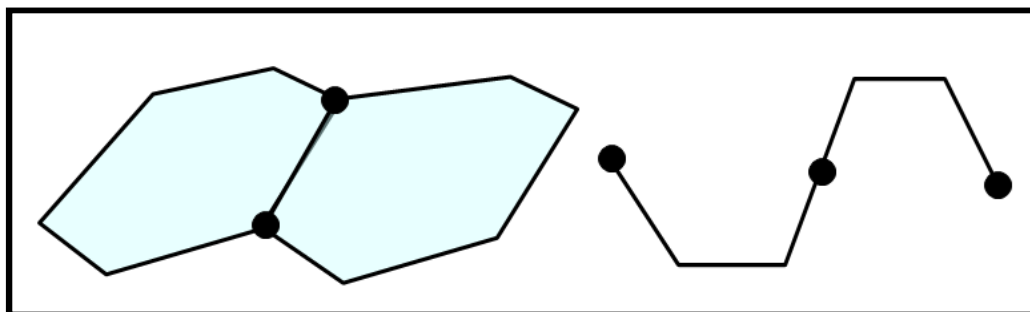


Рисунок 2.34 – Геометрические элементы, участвующие в топологии

Варианты топологических отношений

В топологии пространственные объекты могут иметь общие геометрические элементы в следующих комбинациях:

- линейные пространственные объекты могут иметь общие конечные точки (линейно-узловая топология);
- площадные пространственные объекты могут иметь общие ребра (полигональная топология);
- линейные пространственные объекты могут иметь общие сегменты с другими линейными пространственными объектами (маршрутная топология);
- площадные объекты могут иметь общие области с другими площадными объектами (региональная топология);
- линейные пространственные объекты могут иметь конечные точки, общие с точечными пространственными объектами (узловая топология);
- точечные пространственные объекты могут размещаться на линейных пространственных объектах (точечные события).

Основные составляющие топологических правил

Правила определяют допустимые отношения между пространственными объектами.

Ранги в топологии определяют классы пространственных объектов, которые могут быть перемещены при совмещении близких вершин в процессе первоначальной и последующих проверок топологии.

Кластерный допуск определяет, насколько близко друг к другу должны быть расположены вершины, чтобы считаться совпадающими, и ограничивает расстояние, на которое могут перемещаться точки объектов в процессе построения топологии.

Измененные области – это участки, которые редактировались или в которых происходило добавление, удаление или изменение пространственных объектов. Измененные области позволяют ограничить площадь, которая должна быть проверена на **топологические ошибки** в процессе проверки топологии.

Ошибки и исключения хранятся в топологии и позволяют просматривать и задавать местоположение пространственных объектов, где они не подчиняются заданным топологическим правилам.

Вопросы для самоконтроля

1. Приведите пример поверхности с одной стороной и одним краем. Охарактеризуйте эту поверхность.
2. Дайте определение понятию «Топология». Кто впервые ввел это понятие в науке?
3. Опишите вклад в зарождение топологии, внесенный Л. Эйлером.
4. Кто и каким образом решил задачу Эйлера – «Семь мостов Кёнигсберга»?
5. Приведите примеры топологического описания графов.
6. Назовите и охарактеризуйте что изучают разделы топологии.
7. Охарактеризуйте элементы топологии. Для чего они используются?
8. Что такое кластерный допуск и ранг? В каких целях они могут быть использованы при оцифровке карты местности?
9. Что вы можете сказать о топологических ошибках и исключениях?
10. Охарактеризуйте понятия гомеоморфизма и гомотопии. Приведите примеры.

2.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ

Существует множество топологических правил, которые можно использовать в базе геоданных в зависимости от пространственных отношений, наиболее важных для реализуемого проекта. Необходимо очень тщательно рассмотреть пространственные отношения, которые будут реализовываться в виде правил и условий для пространственных объектов.

В то время как одни топологические правила управляют отношениями пространственных объектов в пределах одного класса, другие задают отношения между пространственными объектами двух различных классов. Кроме того, задавать топологические правила можно между подтипами объектов разных классов.

ПРИМЕР. Для улиц может быть задано правило, требующее, чтобы они соединялись с другими улицами на обоих концах, за исключением подтипа тупиков.

Ниже рассмотрены некоторые из основных топологических правил, которые можно установить для данных при построении баз геоданных.

Правила для полигонов

Не должны перекрываться

Данное правило требует, чтобы внутренние области полигонов класса пространственных объектов не перекрывались. Полигоны могут иметь общие ребра и вершины (рис. 2.35).

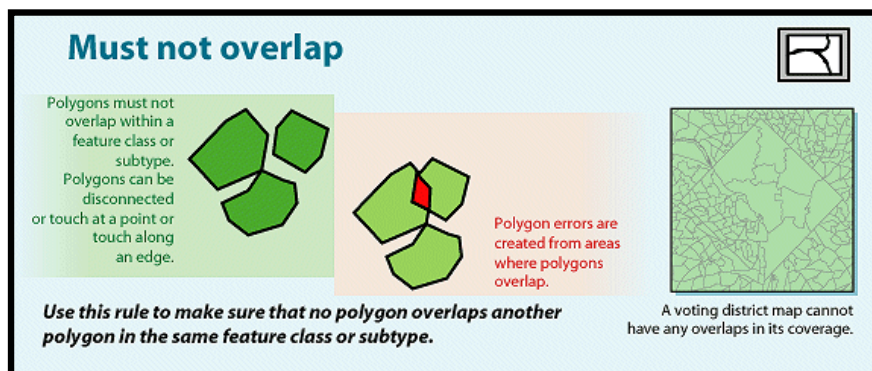


Рисунок 2.35 – Мастер создания правила «Не должны перекрываться» в ArcMap

Данное правило используется в том случае, когда ни одна область не может принадлежать одновременно нескольким полигонам. Оно используется для моделирования границ административного деления (например, административных районов городов) и взаимно исключающих площадных классификаций (например, класса ландшафта).

Не должны иметь пробелов

Это правило требует, чтобы внутри полигонов или между смежными полигонами не было пустот. При этом полигоны могут иметь общие ребра, вершины и внутренние области. Полигоны могут быть также полностью обособленны (рис. 2.36).

Это правило используется в том случае, если полигоны или группы смежных полигонов не должны иметь пустот внутри. Оно применяется для моделирования земельных участков, поскольку в этом случае каждая область может быть разбита на различные полигоны, в то время как другие внешние области (например, дороги) моделируются другим классом пространственных объектов (линейным).

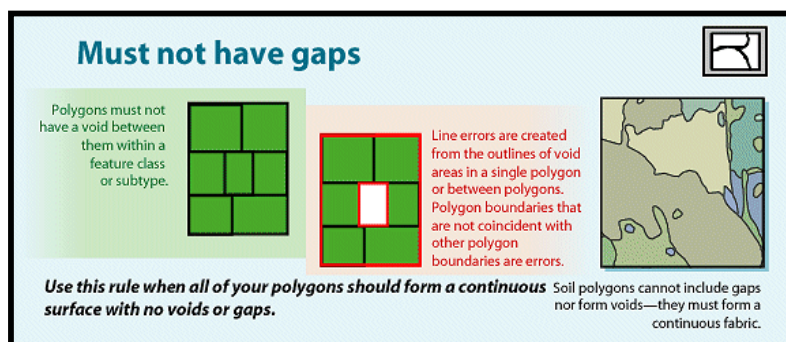


Рисунок 2.36 – Мастер создания правила «Не должны иметь пробелов» в ArcMap

Не должны перекрываться с

Это правило требует, чтобы внутреннее пространство полигонов одного класса полигональных объектов не имело перекрытий с внутренним пространством полигонов другого класса полигональных объектов (рис. 2.37).

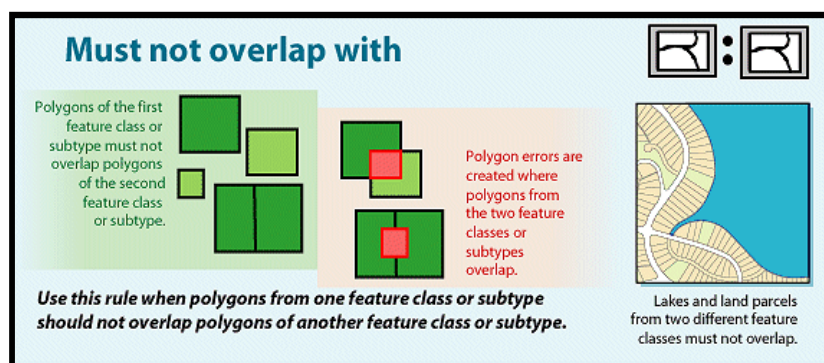


Рисунок 2.37 – Мастер создания правила «Не должны перекрываться с» в ArcMap

Полигоны двух классов могут иметь общие ребра и вершины или же быть полностью обособленными. Данное правило используется в том случае, если территория не может одновременно принадлежать двум разным классам пространственных объектов. Оно используется для комбинирования двух взаимоисключающих систем территориальной классификации, например, таких как зонирование и классификация водоемов – в этом случае области, заданные в классе зонирования, не могут присутствовать также в классе водоемов, и наоборот.

Должны совмещаться с объектами класса

Данное правило требует, чтобы площадь полигона одного класса пространственных объектов была полностью покрыта полигонами другого класса (рис. 2.38).

Любая область из первого класса объектов, которая не покрытая полигонами второго класса, является ошибкой. Примером использования этого правила является моделирование разбиения территории на административные районы.

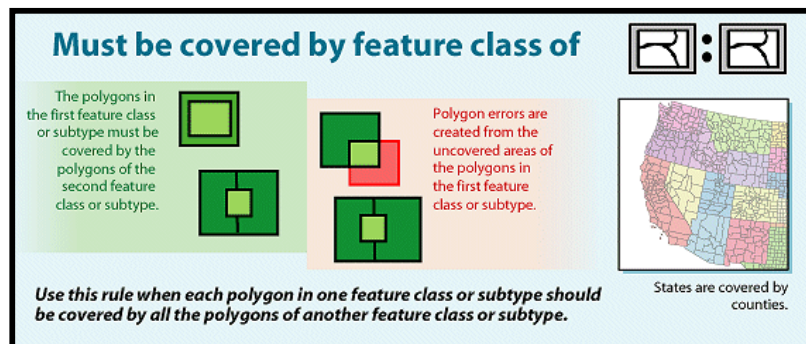


Рисунок 2.38 – Мастер создания правила «Должны совмещаться с объектами класса» в ArcMap

Должны совпадать друг с другом

Это правило требует, чтобы полигоны одного класса пространственных объектов полностью совпадали с полигонами другого класса. Полигоны могут иметь общие ребра и вершины. Любая область, определенная в одном из этих двух классов, которая не является общей с другим классом, считается ошибкой (рис. 2.39).

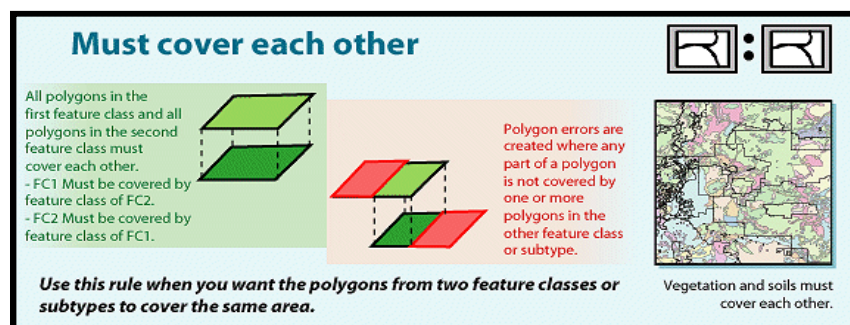


Рисунок 2.39 – Мастер создания правила «Должны совпадать друг с другом» в ArcMap

Это правило используется в том случае, когда применяются две системы классификации на одну и ту же географическую область, и любая точка, определенная в одной системе координат, должна быть также определена и в другой системе координат.

Данное правило применяется во вложенных иерархических разбиениях пространства, например, множество небольших водосборов, объединенных в большие водосборные бассейны. Это правило может также применяться к не иерархически связанным классам полигональных объектов, таким как типы почв и карты уклонов.

Должны совмещаться

Данное правило требует, чтобы полигоны одного класса пространственных объектов содержались внутри полигонов другого класса пространственных объектов (рис. 2.40).

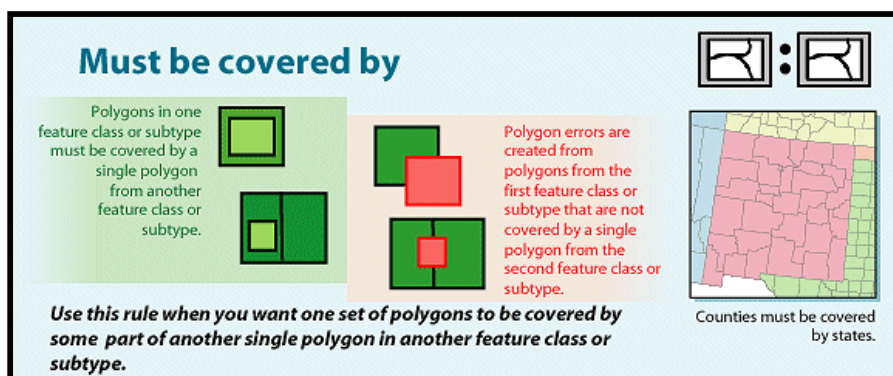


Рисунок 2.40 – Мастер создания правила «Должны совмещаться» в ArcMap

Полигоны могут иметь общие ребра или вершины. Любая область, определенная в первом классе полигонов, должна быть также покрыта областями объектов второго класса полигонов.

Это правило используется, когда площадные объекты одного типа должны размещаться внутри объектов другого типа. Это правило применяется для моделирования областей, которые являются частью более крупных окружающих областей, как например, лесные кварталы внутри леса.

Должны составлять мозаику

Эта группа правил требует, чтобы площадные объекты двух классов пространственных объектов удовлетворяли следующим трем условиям:

1. Полигоны в пределах одного класса объектов не должны перекрываться.
2. Классы пространственных объектов должны совпадать друг с другом.

3. Полигоны первого класса объектов должны полностью размещаться внутри полигонов второго класса объектов.

Данное правило используется, когда пространственные объекты одного класса состоят из объектов другого класса (рис. 2.41).

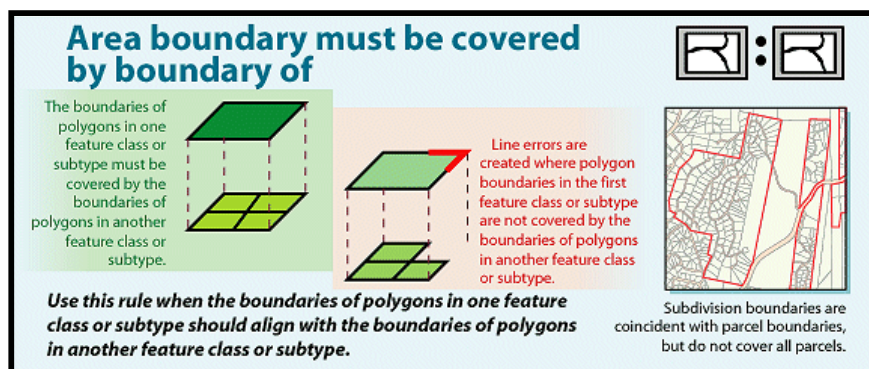


Рисунок 2.41 – Мастер создания правила «Должны составлять мозаику» в ArcMap

Примером этого могут служить районы города и городские управления:

- территории управлений не должны перекрываться;
- территории районов принадлежат одному или нескольким управлениям, а все территории районов должны быть приписаны к какому-либо управлению и наоборот.

Правила для линий

Не должны перекрываться

Это правило требует, чтобы линии не перекрывались внутри одного и того же класса пространственных объектов (рис. 2.42).

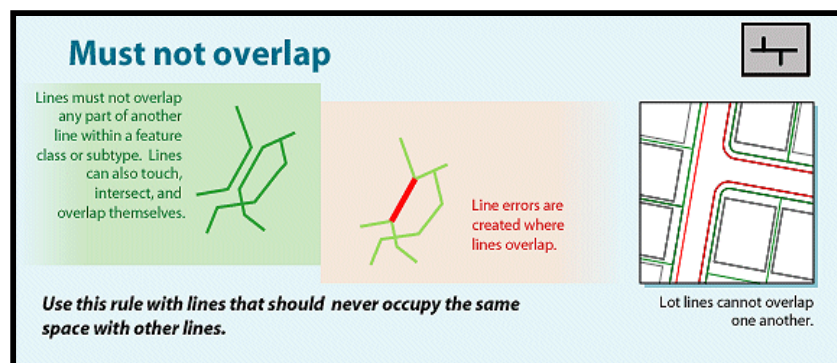


Рисунок 2.42 – Мастер создания правила «Не должны перекрываться» в ArcMap

Это правило целесообразно использовать там, где сегменты линий не должны дублироваться. Примером является класс рек. Линии могут пересекаться или соединяться, но не могут иметь общих сегментов.

Не должны пересекаться

Это правило требует, чтобы линии одного и того же класса пространственных объектов не имели пересечений или перекрытий друг с другом. Линия может касаться другой линии в конечной точке (рис. 2.43).

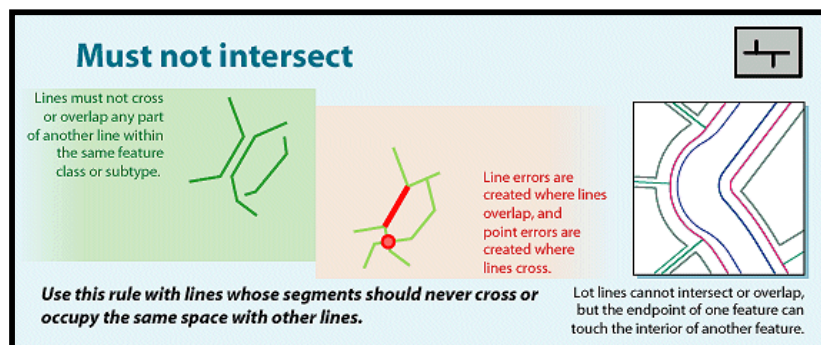


Рисунок 2.43 – Мастер создания правила «Не должны пересекаться» в ArcMap

Данное правило используется для изолиний, которые никогда не должны пересекать друг друга или в тех случаях, когда линии должны пересекаться только в конечных точках, как, например, в случае сегментов улиц и перекрестков.

Не должны иметь висячих узлов

Данное правило требует, чтобы линии в пределах одного класса пространственных объектов обязательно соприкасались с линиями того же класса в обеих конечных точках. Конечная точка, которая не соединена с другой линией, называется висячим узлом (рис. 2.44).

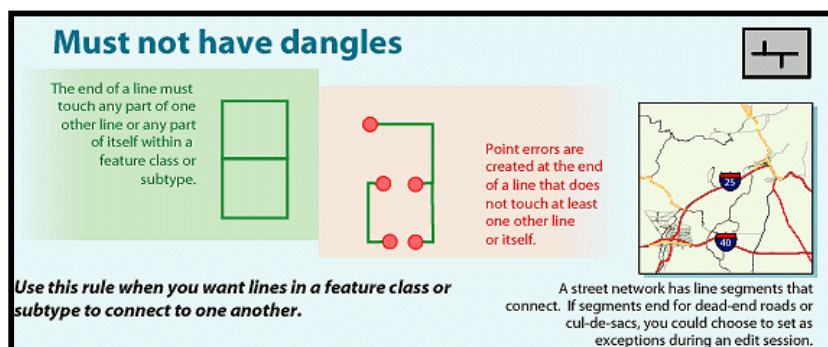


Рисунок 2.44 – Мастер создания правила «Не должны иметь висячих узлов» в ArcMap

Это правило используется, когда линейные пространственные объекты должны образовывать замкнутые фигуры, как, например, в случае задания границ полигонов. Оно может также использоваться в случаях, когда линии соединяются с другими линиями, как например, в случае улиц.

Не должны иметь псевдоузлов

Данное правило требует, чтобы линия в каждой своей конечной точке соединялась как минимум с двумя другими линиями. Линии, которые соединяются с только одной линией или сами с собой, считаются имеющими псевдоузлы (рис. 2.45).

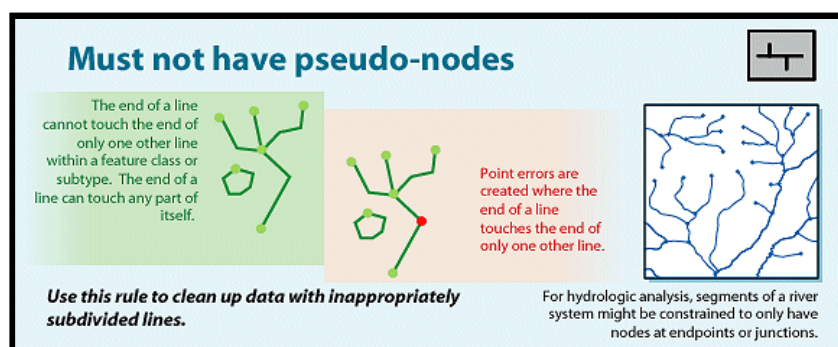


Рисунок 2.45 – Мастер создания правила «Не должны иметь псевдоузлов» в ArcMap

Данное правило используется, в том случае если линейные пространственные объекты должны образовывать замкнутые фигуры, например, при образовании границ полигонов или в случае разветвления в каждой концевой точке (речная сеть), с исключениями, обозначающими начало рек первого порядка.

Не должны пересекаться или соприкасаться

Это правило требует, чтобы любые линии в пределах одного класса пространственных объектов не пересекались, не имели общих сегментов и не соприкасались. Линия может быть соединена с другой линией того же класса только в конечных точках обеих линий (рис. 2.46).

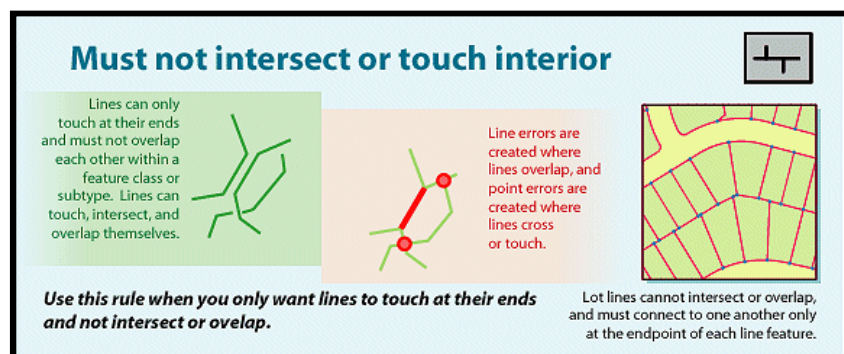


Рисунок 2.46 – Мастер создания правила «Не должны пересекаться или соприкасаться» в ArcMap

Любой сегмент линии, в котором объекты перекрываются, или любое пересечение, помимо конечных точек, являются ошибкой. Это правило применяется, если линии должны соединяться только в конечных точках.

Не должны перекрываться с

Это правило требует, чтобы линейные объекты одного класса не перекрывались с линейными объектами другого класса (рис. 2.47).

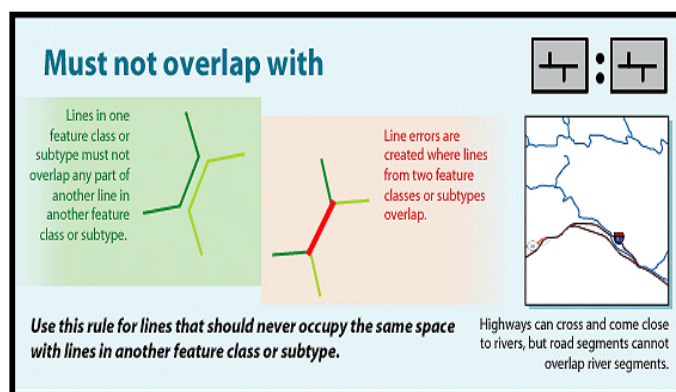


Рисунок 2.47 – Мастер создания правила «Не должны перекрываться с» в ArcMap

Правило применяют в тех случаях, когда линии не могут проходить по одной территории. Например, автомобильные дороги не должны совпадать с железными дорогами, а изолинии с разными значениями не должны проходить в одном и том же месте.

Должны совпадать

Это правило требует, чтобы линии одного класса пространственных объектов совпадали с линиями другого класса. Его применяют при моделировании логически различных, но пространственно совпадающих линий,

таких как маршруты и улицы (рис. 2.48).

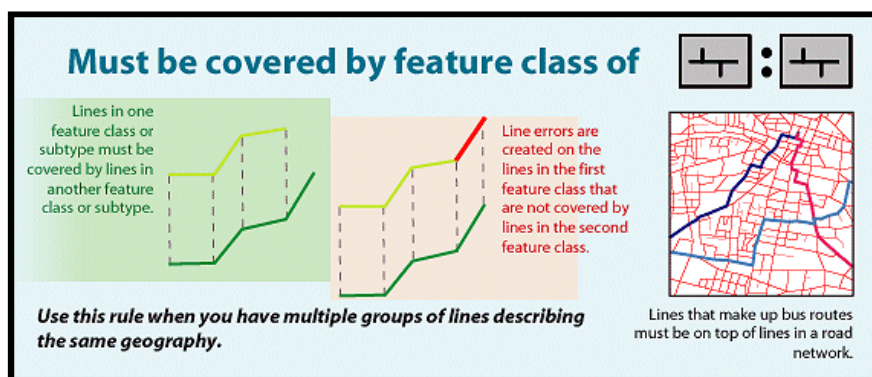


Рисунок 2.48 – Мастер создания правила «Должны совпадать» в ArcMap

Очевидно, что маршрут автобуса, представленный в одном классе пространственных объектов, может проходить только по улицам, определенным в другом классе.

Правила для точек

Полигоны содержат точку

Это правило требует, чтобы каждый из полигонов одного класса пространственных объектов содержал хотя бы одну точку другого класса. Данные точки должны быть размещены внутри полигонов, но не на их границах (2.49).

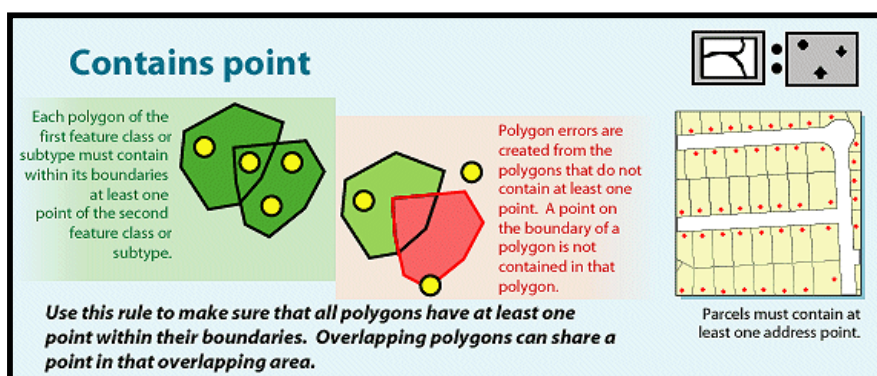


Рисунок 2.49 – Мастер создания правила «Полигоны содержат точку» в ArcMap

Данное правило применяют в тех случаях, когда каждый полигон должен иметь хотя бы одну связанную с ним точку. Например, земельные участки должны иметь адресные точки.

Создание топологических отношений

Топология состоит из набора правил, структурирующих отношения между объектами одного или более классов в наборе классов пространственных объектов.

Для создания топологии необходимо указать, какие классы пространственных объектов будут в ней участвовать, и какие правила будут управлять взаимодействием данных объектов. Все классы пространственных объектов, участвующие в топологии, должны быть размещены в пределах одного набора классов.

Поскольку создание топологических отношений подразумевает совмещение вершин пространственных объектов с целью достижения идентичности их координат, для топологии следует устанавливать кластерный допуск. Вершины в пределах кластерного допуска могут немного сместиться в процессе координатного совмещения. По умолчанию кластерный допуск задается как минимально возможный и рассчитывается на основе точности, определенной для данного набора данных. Кластерный допуск должен быть по возможности настолько малым, чтобы лишь лежащие наиболее близко вершины могли быть перемещены для совмещения. Типичное значение кластерного допуска должно быть, по меньшей мере, на порядок меньше, чем точность данных.

ПРИМЕР. Если точность пространственных объектов составляет 2 метра, кластерный допуск не должен превышать 0,2 метра.

Часто необходимо определить, какие классы пространственных объектов предпочтительнее будет перемещать в процессе координатного совмещения.

ПРИМЕР. В том случае если известно, что объекты одного класса пространственных объектов имеют более точные координаты, чем объекты другого класса, можно объекты с менее точными координатами подтянуть к объектам с более точными координатами.

Для реализации такой возможности в топологии предусмотрен механизм ранжирования классов пространственных объектов. Вершины пространственных объектов более низкого ранга в пределах кластерного допуска будут совмещаться с близлежащими вершинами объектов более высокого ранга для достижения идентичности координат. Координаты вершин объектов с одинаковым значением рангов, расположенные в пределах кластерного допуска, будут подвергнуты усреднению.

Построение топологии

Построение топологии для существующих пространственных объектов является многоступенчатой операцией, которая, в зависимости от количества объектов, может потребовать много времени и системных ресурсов.

В том случае если эти объекты требуют совмещения, большая часть времени операции проверки будет потрачена на выполнение этого процесса совмещения. Процесс проверки выполняется в следующей последовательности: надлом объектов, а затем совмещение вершин (рис. 2.50).

На этапе надлома создают вершины на ребрах, которые находятся в пределах кластерного допуска от существующих ребер, вершин или конечных точек. На этапе совмещения выполняют подтягивание вершин и конечных точек, оказывающихся в пределах кластерного допуска. Когда вершина одного из объектов, участвующих в топологии, оказывается в пределах кластерного допуска от ребра другого объекта, также участвующего в топологии, алгоритм построения топологии создаст на этом ребре новую вершину для того, чтобы объекты могли стать геометрически совместимыми.

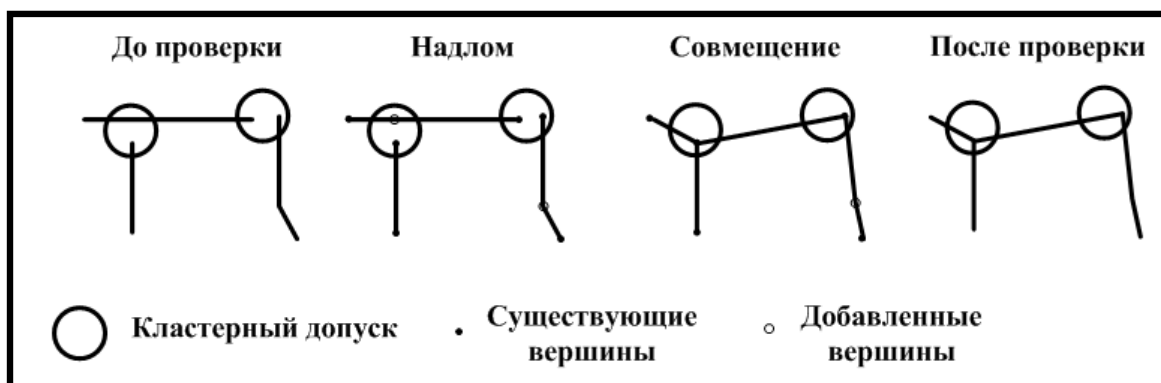


Рисунок 2.50 – Использование кластерного допуска при проверке топологии

Важно понимать, как может корректироваться геометрия пространственных объектов в процессе совмещения во время проверки топологии. Любые вершины любых объектов класса пространственных объектов, участвующих в топологии, могут подвергнуться смещению, если они окажутся в пределах кластерного допуска от другой вершины. Вершины пространственных объектов более высокого ранга не подтягиваются к пространственным объектам более низкого ранга, но вершины объектов одного ранга пространственно усредняются.

Этапы построения топологии

В том случае если нужно в БГД создать топологию для уже имеющихся данных, можно воспользоваться инструментами создания топологии, которые имеются в ArcCatalog.

Процесс построения топологии для существующих данных в целом состоит из следующих этапов:

1. Использование инструментов ArcCatalog для конвертации и загрузки данных в набор классов пространственных объектов БГД;

2. Использование мастера построения топологии в ArcCatalog для создания топологических правил между существующими классами пространственных объектов. Следующие этапы выполняются в мастере создания топологии:

- задать имя топологии;
 - задать кластерный допуск топологии;
 - выбрать классы пространственных объектов, которые будут участвовать в этой топологии;
 - выбрать количество рангов, используемых в этой топологии;
 - провести ранжирование классов пространственных объектов в топологии;
 - добавить топологические правила для структурирования топологических отношений между классами пространственных объектов;
 - запустить процесс создания топологии;
3. Использование ArcMap для проверки топологии;
4. Использование «Инспектора ошибок» в ArcMap для идентификации топологических ошибок;
5. Использование ArcMap в целях коррекции топологических ошибок или маркировки их как исключений.

Совершенствование топологии с помощью подтипов

При проектировании базы геоданных необходимо помнить о возможности создания топологических отношений между подтипами пространственных объектов. Данные подтипы позволяют более эффективно моделировать объекты реального мира, благодаря заданию значений по умолчанию и доменов каждому отдельному подтипу объектов.

Подтипы позволяют также представлять различные вариации объектов реального мира внутри одного класса пространственных объектов вме-

сто создания отдельного класса на каждый вариант, что дает некоторый выигрыш в быстродействии базы геоданных. Подтипы расширяют возможности разрабатываемого проекта также и при создании топологических правил.

В некоторых случаях необходимо топологическое правило, применимое ко всем объектам класса пространственных объектов, за исключением определенного типа объектов этого класса. Один из способов реализации данного условия состоит в создании правила для всего класса, а затем маркировании всех объектов, являющихся исключениями из этого правила.

Также можно использовать подтипы для модификации топологических правил, то есть создавать правила, применимые только к определенным подтипам.

ПРИМЕР. Создать подтип строений и задать топологическое правило для подтипов «Должны совмещаться». Это правило применимо только к тем подтипам зданий, которые не должны пересекать границы участков (рис. 2.51).

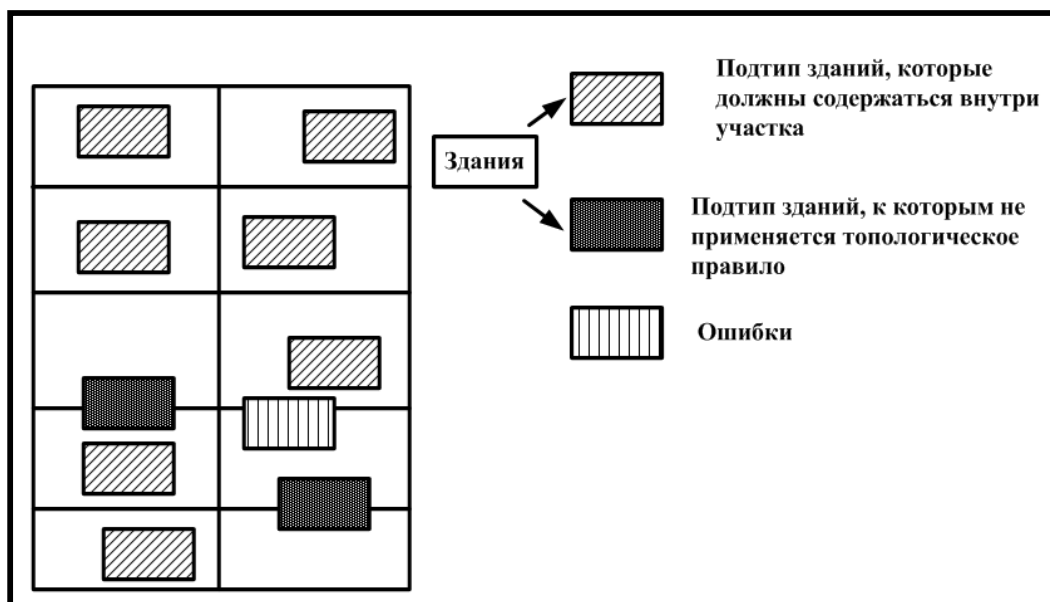


Рисунок 2.51 – Пример топологического правила для подтипов

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите этапы создания и проверки топологии в ArcGIS.

2. Можно ли использовать топологические правила для управления отношениями объектов в пределах нескольких различных классов? Приведите примеры.

3. Для каких классов пространственных объектов могут использоваться топологические правила? Приведите примеры.

4. Для чего используется кластерный допуск и с какой точностью его необходимо задавать?

5. В каких целях используются подтипы в топологических правилах?

6. В каком виде топология хранится в персональной БГД? Может ли топология существовать вне БГД?

7. Какие топологические ошибки являются типичными для точечных пространственных объектов (ПО)? Линейных ПО? Площадных ПО?

2.4 СЕТИ В БАЗАХ ГЕОДАННЫХ

В этом подразделе будут рассмотрены следующие понятия: геометрическая сеть, логическая сеть, типы сетевых объектов, создание геометрической сети, правила связности в сетях.

Экономическая основа нашего мира – это его инфраструктура:

- системы автодорог;
- системы силовых кабелей;
- системы трубопроводов.

Такие инфраструктуры обеспечивают перемещение людей, энергии, ресурсов и т.д. Подобные инфраструктуры моделируют в виде сетей.

Форма, охват и эффективность сетей оказывают существенное влияние на наш уровень жизни и наше восприятие окружающего мира. Геометрические сети обеспечивают новый, более совершенный уровень моделирования инфраструктуры.

Ниже приведен неполный перечень основных преимуществ модели геометрической сети:

- упрощается редактирование сетей. Добавляя объекты в сеть, можно контролировать правильность их подключения. Это обеспечивается правилами связности сети;
- сетевые пространственные объекты могут представлять сложные части сети, например переключатели. Это упрощает редактирование и позволяет создавать карты с меньшим количеством пространственных объектов в сетевом представлении.

ArcGIS содержит комплект готовых к использованию модулей для простого и сложного сетевого анализа. Сетевой анализ проводится быстро даже на очень больших наборах данных. Существуют сети, используемые коллективно. Большое количество людей могут одновременно редактировать одну большую сеть в соответствии с практикой выполнения работ, принятой в той или иной организации.

Сети и моделирование с их помощью объектов окружающего мира

Сети устроены довольно просто. Они создаются из таких фундаментальных элементов (рис. 2.52), как ребра (**edges**) и вершины (узлы или соединения – **junctions**).

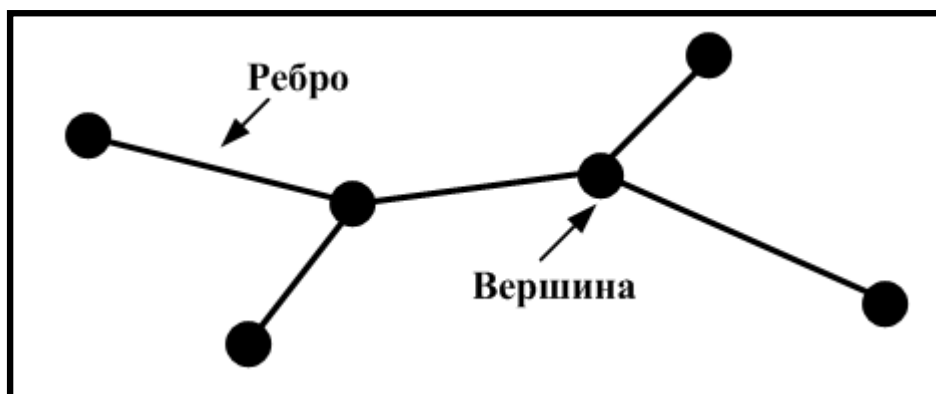


Рисунок 2.52 – Элементы геометрической сети

Примерами ребер являются улицы, линии электропередачи, трубы и русла рек. Примерами вершин (соединений) являются перекрестки, переключатели, тройники и слияния водотоков. Ребра связываются в соединениях и поток из одного ребра – будь то автомобили, электроны или вода – может быть передан другому ребру. На основе этой простой структуры можно формировать сети для решения разнообразных задач.

Примеры геометрических сетей

- железные дороги составляют расписания поездов для эффективной увязки с контейнерными и пассажирскими перевозками;
- курьерские службы оптимизируют развозку посылок по системе улиц;

- администрации электросетей на основе телефонных звонков от своих потребителей определяют участки, по вине которых потребители остаются без электроэнергии;
- агентства по охране окружающей среды анализируют пробы воды, взятые в реках, чтобы локализовать источники загрязнения;
- транспортные департаменты используют данные об интенсивности и динамике дорожного движения в целях планирования строительства новых дорог;
- школы определяют оптимальные маршруты автобусов, которые собирают школьников;
- водители автомобилей используют навигационную систему с электронной картой и приемником GPS для определения оптимального маршрута до пункта назначения.

Геометрические сети можно разделить на две категории: транспортные и инженерно-коммуникационные (рис. 2.53).



Рисунок 2.53 – Пример категорий сетей: транспортная (слева) и инженерно-коммуникационная (справа)

В транспортной сети автомобили и поезда – это автономные объекты, которые могут свободно двигаться. По инженерным коммуникациям воду, теплоноситель либо электроэнергию направляют и доставляют потребителям.

Транспортные сети можно использовать для решения следующих задач:

- определение кратчайшего пути между двумя пунктами;
- определение качества обслуживания дорожного полотна, на основе времени пробега транспортных средств;
- поиск ближайшей к месту ДТП машины скорой помощи;
- поиск оптимальной последовательности посещения исторических достопримечательностей.

Инженерно-коммуникационные сети можно использовать для решения следующих задач:

- определение направления потока товаров;
- идентификация объектов, находящихся вверх по течению от заданного пункта;
- идентификация изолированных участков сети;
- определение объектов, обслуживающих избранных клиентов;
- управление инженерной инфраструктурой крупного города.

Сетевая модель данных

База геоданных использует двойственное представление линейных систем, которое состоит из геометрических (рис. 2.54) и логических сетей (рис. 2.55). Геометрическая сеть всегда связана с логической сетью. Совместно эти два представления сети обеспечивают развитую модель данных для хранения и анализа линейных систем.

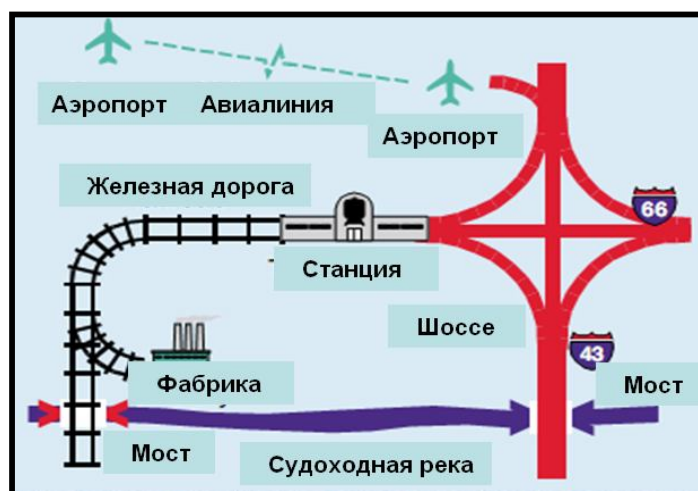


Рисунок 2.54 – Геометрическое представление данных

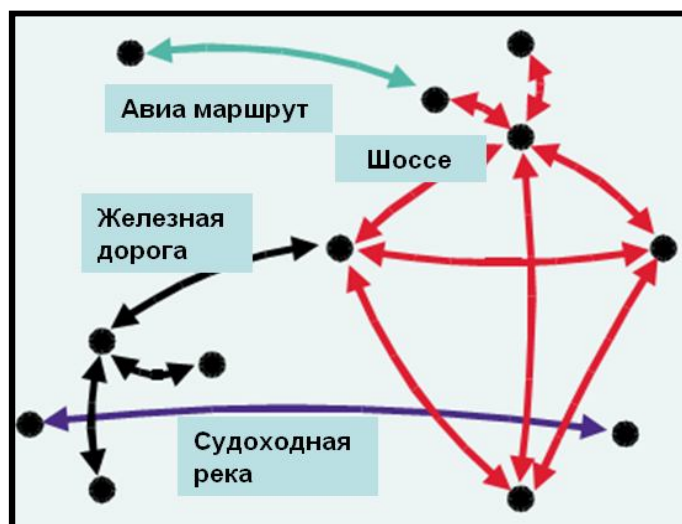


Рисунок 2.55 – Логическое представление данных

Геометрическая сеть

Геометрическая сеть (**geometric network**) – это набор классов пространственных объектов (КПО), участвующих в линейной системе. Геометрическая сеть соответствует представлению сети в виде набора пространственных объектов. Объекты играют роль ребер (**edges**) и соединений (**junctions**) сети.

Ребро всегда связано с двумя соединениями, в то же время соединение может быть связано с любым количеством ребер. В пространственных объектах (трехмерное представление данных) ребра могут пересекаться в двумерном пространстве без образования соединения. Примером может быть дорога, проходящая по эстакаде над другой дорогой.

Геометрическая сеть является неплоским графом. Пространственные объекты, которые представляют ребра и соединения, называют сетевыми объектами (**network features**). Только сетевые пространственные объекты могут участвовать в геометрической сети. Сетевые объекты могут быть размещены в любом количестве классов сетевых объектов.

Класс сетевых объектов (**network feature class**) – это однотипные объекты одного из следующих типов:

- простое соединение (simple junction feature);
- сложное соединение (complex junction feature);
- простое ребро (simple edge feature);
- сложное ребро (complex edge feature).

В геометрической сети несколько классов сетевых объектов могут играть одну топологическую роль (узлы или дуги). Класс сетевых объектов может быть связан только с одной и только одной геометрической сетью.

Сетевые объекты имеют все те же характеристики, что и другие пространственные объекты:

- для ребер и соединений можно создавать столько классов пространственных объектов, сколько необходимо. К этим классам пространственных объектов можно добавлять любые атрибуты (свойства);
- в этих классах можно определять подтипы, назначать атрибутам значения по умолчанию, атрибутивные домены, правила разделения и объединения;
- можно устанавливать отношения между сетевыми объектами и любыми другими пространственными или непространственными объектами;
- можно расширять классы сетевых объектов и создавать пользовательские сетевые объекты.

Сетевые объекты могут обладать дополнительным специализированным поведением, которое поддерживает связность сети и автоматически обновляет элементы логической сети. Принцип организации хранения геометрической сети в пространственной базе данных показан на рисунке 2.56.

База геоданных автоматически поддерживает топологические отношения между классами пространственных объектов в геометрической сети. Связность сети основана на совпадении элементов геометрии объектов (координат точек), отсюда и название – геометрическая сеть (рис. 2.57).

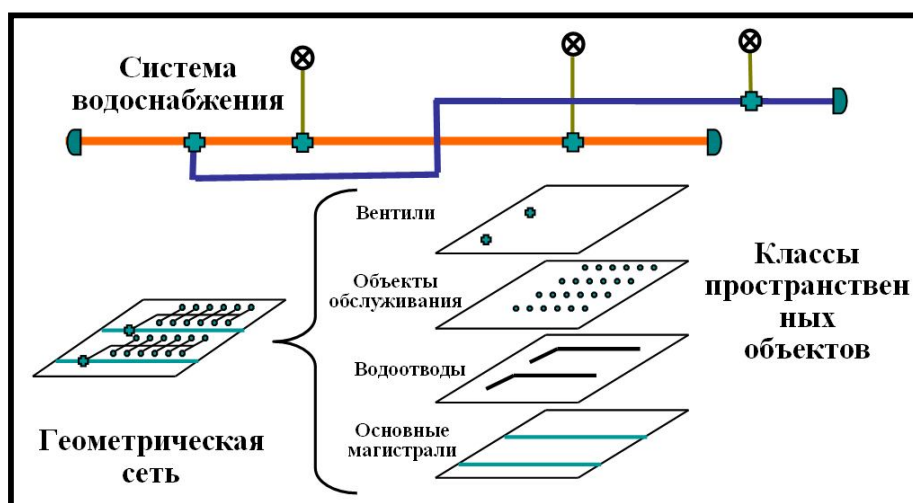


Рисунок 2.56 – Геометрическая сеть в БГД

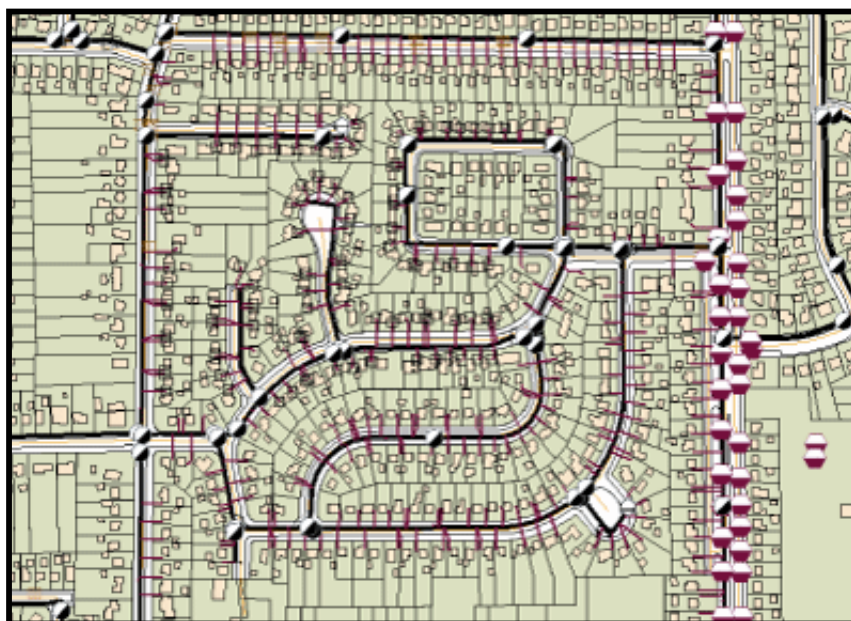


Рисунок 2.57 – Пример сети в ArcMap

Логическая сеть

Логическая сеть (**logical network**) является графом, который представляет сеть и состоит из элементов (**elements**) – соединений и ребер. Подобно геометрической сети, логическая сеть – это тоже собрание связанных ребер и соединений. Ключевое различие состоит в том, что в логической сети нет координат. Ее назначение – это хранение информации о связности сети, а также некоторых атрибутов.

Так как ребра и соединения в логической сети не содержат никакой геометрии, то здесь они являются не пространственными объектами, а элементами. Между пространственными объектами геометрической сети и элементами логической сети возможны отношения типа «один к одному» и «один ко многим». Поскольку геометрическая сеть всегда связана с логической сетью, то при редактировании сетевых пространственных объектов элементы логической сети обновляются автоматически (рис. 2.58).

Геометрической сети всегда соответствует логическая сеть. Геометрическая сеть – это физический набор КПО, составляющих сети. Логическая сеть содержит совокупность плоских таблиц, которые содержат информацию о связности геометрической сети.

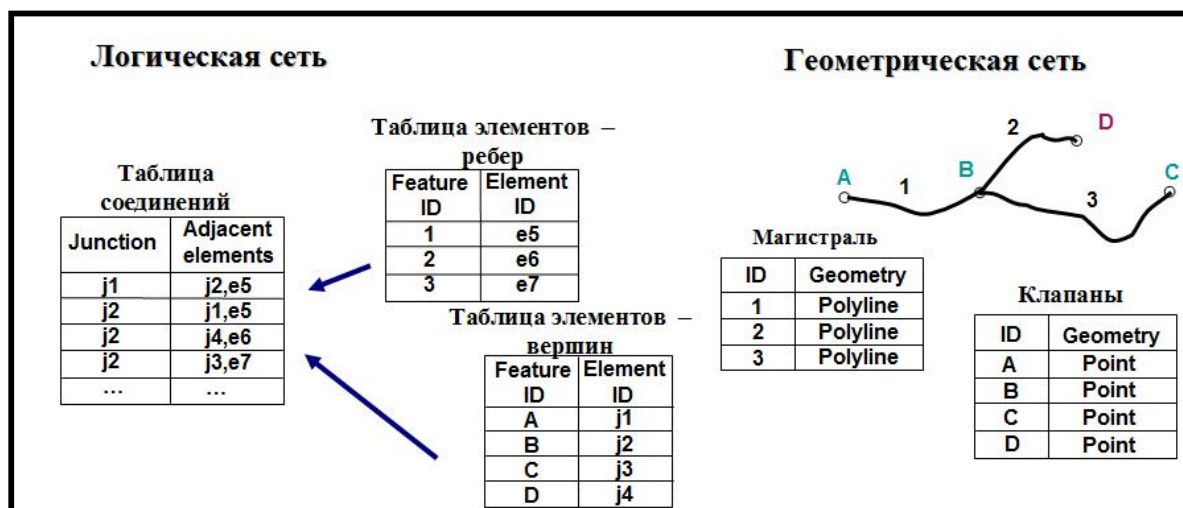


Рисунок 2.58 – Связь геометрической и логической сети

Каждый элемент логической сети связан с каким-либо пространственным объектом геометрической сети. Иными словами, каждая строка таблицы логической сети связана с пространственным объектом геометрической сети. ArcMap содержит специальные инструменты для работы с геометрическими сетями. Учет и отслеживание сетевой связности при редактировании и трассировке сети, а также управление входящими в сеть классами пространственных объектов, выполняются системой ArcMap автоматически.

Основные преимущества модели геометрической сети заключаются в упрощении редактирования сетей. Сетевые пространственные объекты могут представлять сложные части сети, например, переключатели. Добавленные в сеть объекты подключаются автоматически, что обеспечивается правилами связности сети. Это упрощает редактирование и позволяет создавать карты с меньшим количеством пространственных объектов в сетевом представлении.

База геоданных использует двойственное представление линейных систем, состоящее из геометрической и логической сетей.

Геометрическая сеть всегда связана с логической сетью, которая является графом, представляющим сеть и состоящим из элементов – соединений и ребер. Совместно эти два представления сети обеспечивают создание модели данных для хранения и анализа линейных систем.

Сетевые объекты

Пространственные объекты могут исполнять четыре роли в геометрической сети: простое ребро, простое соединение, сложное ребро, сложное соединение. На рисунке 2.59 представлена упрощенная модель доступа к сетевым объектам в БГД. Есть два типа сетевых объектов: соединение и ребро. В свою очередь существует два типа соединений: простое и сложное. Так же существует два типа ребер: простое и сложное.

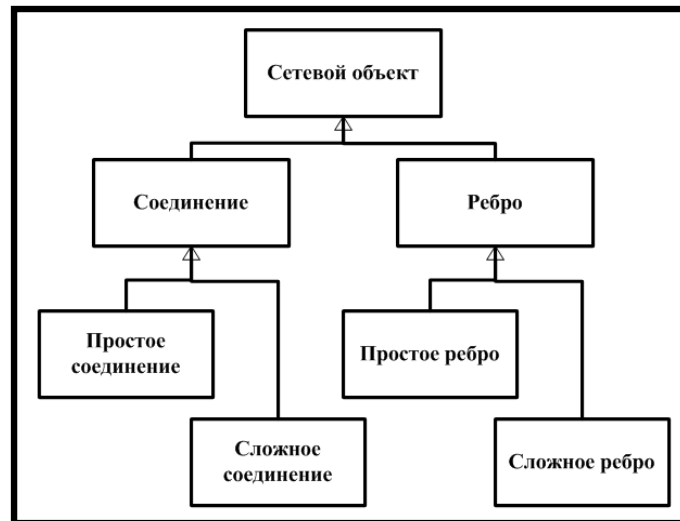


Рисунок 2.59 – Роли пространственных объектов в геометрической сети

Типы сетевых объектов

Геометрические сети состоят из пространственных объектов двух типов – ребер и соединений (вершин). Примером ребра геометрической сети может служить трубопровод, а примером соединения – клапан или вентиль. Ребра сети могут соединяться друг с другом только через соединения. В логической сети пространственные ребра связаны с соединениями через матрицу, которая реализована в виде двумерной таблицы.

Существуют две категории сетевых объектов: простые и сложные. Простому сетевому объекту соответствует один элемент логической сети. Сложному сетевому объекту соответствуют несколько элементов логической сети.

Простое ребро

Простые ребра всегда связаны ровно с двумя соединениями, по одному на каждом конце ребра. Сложные ребра соответствуют одному или нескольким элементам-ребрам в логической сети. Сложные ребра всегда связаны на концах, по меньшей мере, с двумя объектами-соединениями, но

на их участках могут быть созданы дополнительные соединения. В том случае если новое соединение добавлено посередине сложного ребра, это сложное ребро остается единым объектом.

Простое ребро соединяет точечные объекты в геометрической сети. Каждое ребро представлено одним специальным элементом в логической сети. Пространственный объект простого ребра (**simple edge feature**) ассоциируется с одним элементом-ребром логической сети.

Пространственный объект простого соединения (**simple junction feature**) ассоциируется с одним узлом логической сети (рис. 2.60).

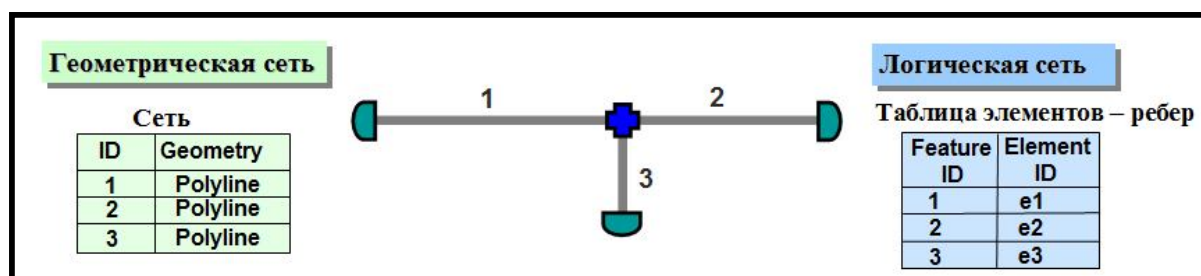


Рисунок 2.60 – Пример простых ребер сети

Сложное ребро

Сложные ребра соединяются ребрами без разбиения геометрии сети. Пространственный объект сложного ребра (**complex edge feature**) ассоциируется с любым числом элементов-ребер логической сети. Эти элементы должны быть связаны в цепочку. Пространственный объект сложного соединения (**complex junction feature**) ассоциируется с группой элементов-соединений и элементов-ребер логической сети (рис. 2.61).

Хранение ребер и соединений

Ребра и соединения хранятся в отдельных классах пространственных объектов (**feature classes**).

Пример связности сети представлен на рисунке 2.62 и базируется на следующих закономерностях:

- каждое ребро начинается и заканчивается соединением;
- соединения стыкуются с ребрами;
- ребра могут пересекать другие ребра без соединения.

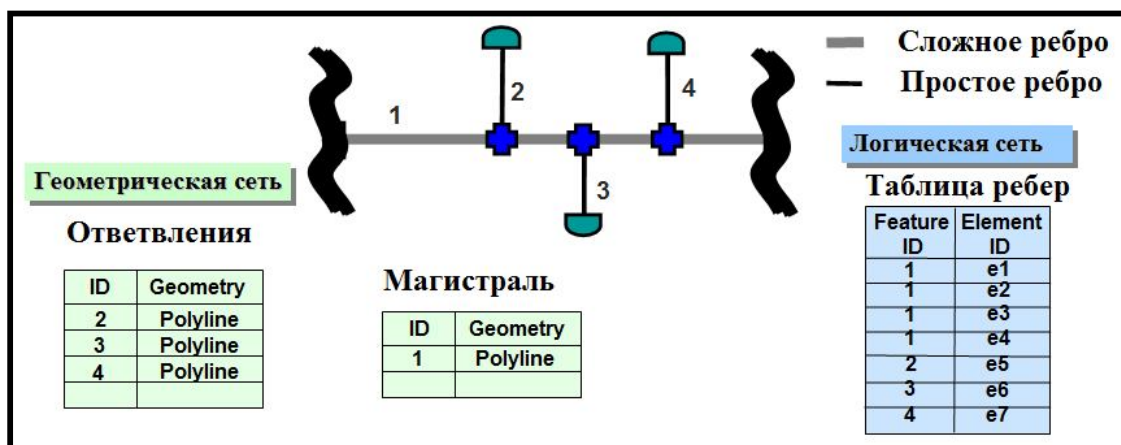


Рисунок 2.61 – Пример сложных ребер сети

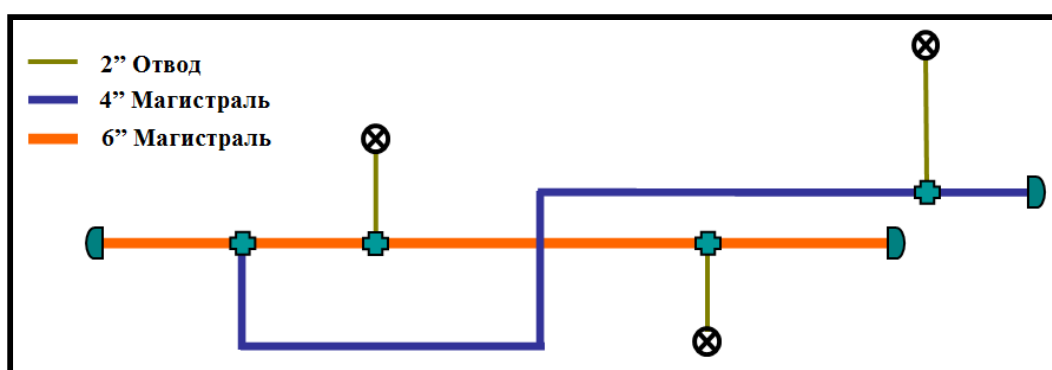


Рисунок 2.62 – Пример связности сети

Создание соединения вызывает логическое разбиение сложного ребра. Например, в том случае, если до добавления соединения оно соответствовало одному элементу-ребру в логической сети, то после оно будет соответствовать двум таким элементам. Сложное соединение – это единый пространственный объект, который соответствует любому количеству элементов-ребер и элементов-соединений в логической сети.

ПРИМЕР. Сложным соединением может быть насосная станция водопроводной сети. Пространственный объект, представляющий насосную станцию, хранится как единое сложное соединение сети в базе геоданных. Его представление в логической сети может включать набор трубопроводов, насосов, измерительных приборов, вентилей, которые обеспечивают на поток воды, проходящий через станцию. Комбинация этих устройств насосной станции может быть представлена как набор из N соединений и N-1 ребер. Сложные соединения могут быть созданы только как пользовательские пространственные объекты.

Взаимосвязи пространственных объектов

Важной частью логической сети является таблица связности, которая описывает, связь сетевых элементов. Геометрическая сеть содержит пространственные объекты, которые участвуют в построении сети. Классы пространственных объектов содержат либо ребра, либо соединения.

Логическая сеть представляет связность сети. Каждая строка таблицы связности показывает все соединения, смежные с данными, а также ребра, которые их связывают (см. рис. 2.61). Таблица связности – это способ, с помощью которого поддерживается целостность сети.

В геометрической сети может участвовать любое число классов пространственных объектов.

ПРИМЕР. В базе геоданных имеется один класс соединений (города) и два класса ребер, которые связывают соединения (основные рельсовые пути и маршруты грузовых машин). Логическая сеть в данном случае следит за идентификаторами (ID) объектов классов пространственных объектов. Таблицы соединений и ребер обеспечивают уникальный идентификатор элемента, который является комбинацией КПО и идентификатора (ID) пространственного объекта.

Правила связности

Правила связности помогают поддерживать эффективность сети и определяют правила соединений между ее узлами и ребрами. В большинстве сетей нельзя связывать произвольные ребра с произвольными соединениями. Также, не все ребра могут связываться со всеми другими ребрами через соединение. Правила связности в сетях ограничивают типы сетевых пространственных объектов, которые могут быть связаны друг с другом, а также число пространственных объектов конкретного типа, которые могут быть связаны с пространственными объектами другого типа.

Правило ребро-узел

Данное правило определяет кардинальное число соединения. Кардинальность – это число ребер, которые могут входить в соединение. При настройке кардинальности соединений необходимо учитывать следующую закономерность, если соединение находится в середине ребра и нигде больше, кардинальность этого соединения будет равна двум. Данное правило может регулировать количество счетчиков воды на обслуживаемой линии водопровода.

Правило узел-узел

Данное правило определяет кардинальное число узла. С помощью этого правила можно регулировать количество соединений между трубами диаметром 10" и 8" на обслуживаемой линии водопровода.

Правило ребро-соединение

Данное правило ограничивает типы соединений, которые могут быть связаны с ребром данного типа. На рисунке 2.63 представлен пример для линии водопровода. На рисунке слева представлен правильный вариант решения задачи: служебный отвод от основной водопроводной магистрали в квартиру может оканчиваться счетчиком. Справа □ неправильный вариант решения задачи: магистральная линия водопровода не может заканчиваться счетчиком.

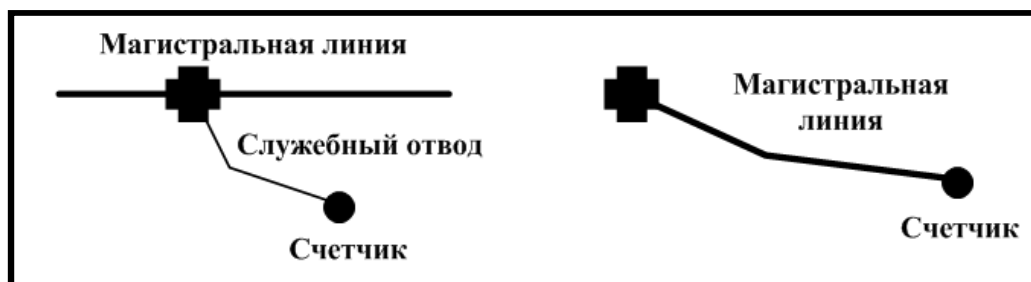


Рисунок 2.63 – Пример для правила «Ребро-соединение»

Правило ребро-ребро

Данное правило оговаривает варианты комбинаций типов ребер, которые могут быть связаны через данное соединение. Например, две трубы разных диаметров могут быть связаны только через соответствующий переходник (рис. 2.64). На рисунке слева представлен правильный вариант решения задачи – трубы разных диаметров соединены между собой посредством переходника. Справа – неправильный вариант решения задачи: трубы разных диаметров невозможно соединить между собой.

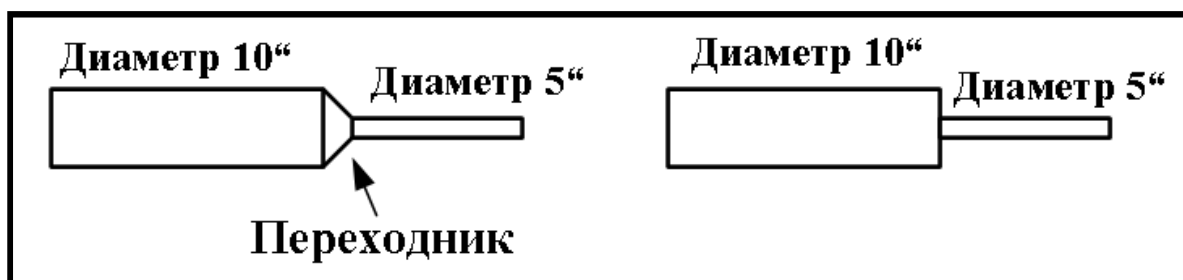


Рисунок 2.64 – Пример для правила «Ребро-ребро»

Инцидентность соединения

Данное правило позволяет ограничивать количество ребер, которые могут быть связаны в данном соединении. Например, переключатели могут коммутировать от двух до четырех линий. Можно с помощью правила точно определить количество ребер, которые могут быть связаны с соединением (рис. 2.65).

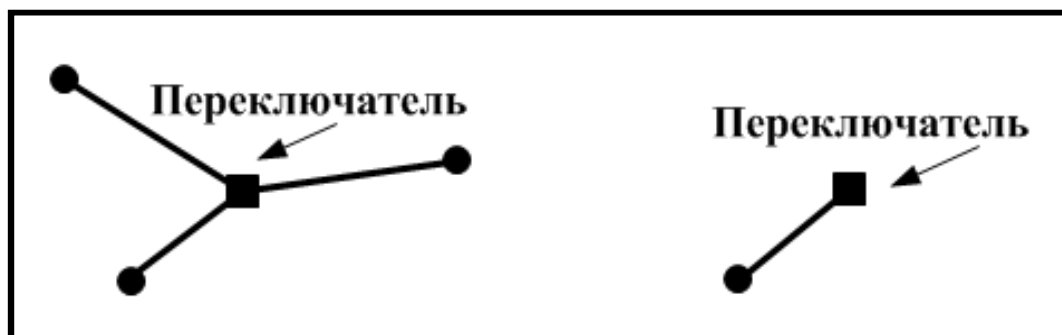


Рисунок 2.65 – Пример для правила «Инцидентность соединения»

На рисунке слева представлен правильный вариант решения задачи: переключатель коммутирует три линии. Справа – неправильный вариант решения задачи: переключатель не может быть конечным объектом ребра и он коммутирует только одну линию, что не соответствует правилу.

Тип соединения по умолчанию

Это правило позволяет определить тип соединения, которое будет использовано по умолчанию при подключении ребра одного типа к ребру другого типа. Например, если линию напряжением 14,4 кВ добавить к конечному соединению линии напряжением 28,8 кВ, то соединение осуществится через понижающий трансформатор (рис. 2.66).

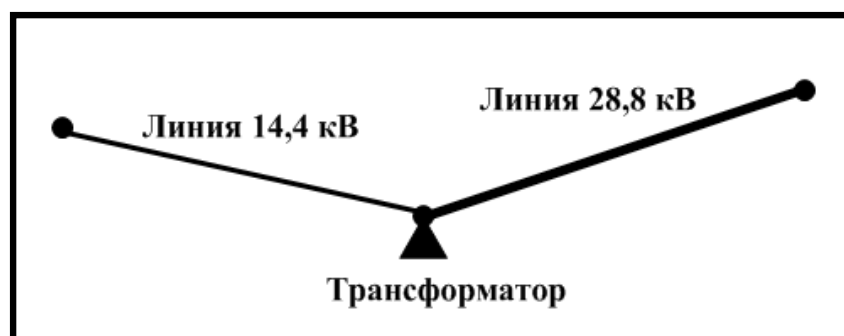


Рисунок 2.66 – Пример для правила «Тип соединения по умолчанию»

Вопросы для самоконтроля

1. Какие средства предусмотрены в ArcGIS для работы с сетями, для простого и сложного сетевого анализа?
2. Из каких элементов создаются сети? Приведите примеры геометрических и логических сетей.
3. На какие категории можно разделить геометрические сети? Приведите примеры.
4. Перечислите объекты, входящие в класс сетевых объектов.
5. Перечислите элементы сети БГД.
6. В чем принципиальное отличие сетей геометрических от сетей логических?
7. Какие виды ребер в сетях вы знаете? Приведите примеры.
8. В каких целях используются правила связности в сетях? Какие виды правил вы знаете? Приведите примеры.
9. Существует ли правило, оговаривающее количество ребер, участвующих в соединении? Приведите примеры.
10. Для решения, каких задач геометрические сети отображаются в ArcGIS?
11. Может ли геометрическая сеть существовать вне БГД?

ГЛОССАРИЙ

А

Аннотация	Разновидность пространственного объекта, представляющего текстовое описание участка местности или пространственного объекта.
Архитектура ГИС	Система построения взаимосвязи элементов структуры ГИС, включающая компоненты логической, физической и программной структур.
Аэрофотоснимок	Двухмерное фотографическое изображение земной поверхности, полученное с летательных аппаратов и предназначенное для исследования видимых и скрытых объектов, явлений и процессов посредством дешифрирования и измерений. В зависимости от высоты, с которой производится фотографирование, получают крупномасштабные, среднемасштабные и мелкомасштабные (высотные) аэрофотоснимки.

Б

Байт	Единица измерения количества информации. Чаще всего байт считают равным восьми битам. Один символ (буква, знак) как правило занимает в памяти компьютера 1 байт.
База геоданных	База данных или набор файлов, используемые для хранения, создания запросов и управления пространственными данными. В базе геоданных хранится геометрия объектов, пространственная привязка, атрибуты и другие характеристики. В единую базу геоданных могут быть собраны различные типы географических наборов данных. Например: различные классы пространственных объектов, атрибутивные таблицы, наборы растровых и сетевых данных, топология и др. Базы геоданных могут храниться в таких объектно-реляционных системах управления базами данных (СУБД), как IBM DB2, IBM Informix, Oracle, Microsoft Access, Microsoft SQL Server и PostgreSQL, а также в наборах файлов, таких как файловая база геоданных. Программный продукт ESRI ArcGIS позволяет работать с базами геоданных и создавать их в ArcCatalog.
Блок векторных данных	Совокупность векторных объектов, которая может включать в себя несколько слоев разных типов (например, точечные и линейные) или быть представлена одним слоем. В ArcGIS: набор векторных данных различных типов (точки, линии, полигоны) объединенных единой системой координат.

Буферная зона	Область вокруг какого-либо объекта карты, измеряемая в единицах расстояния или времени. Также под буферной зоной понимают полигон, окружающий точку, линию или иной полигональный объект на заданном фиксированном расстоянии. Создание буферных зон является одним из методов пространственного анализа, применяемых при оценке близости объектов.
Буквенно-цифровая сетка	Сетка, наложенная на карту, строки в которой пронумерованы, а столбцы обозначены буквами в алфавитном порядке (или наоборот). Используется для поиска объектов на карте. Такие сетки широко используются в дорожных атласах, планах городов.
В	
Вспомогательные данные	Данные, используемые при анализе и операциях с основными данными.
Векторные данные	Содержимое векторного объекта, координатная (геометрия) и атрибутивная информация.
Векторизация	Конвертирование ячеек раstra в векторные данные (наборы точек, линий или полигонов).
Вид	Область графического интерфейса программы, предназначенная для управления визуализацией геоданных. Как правило, отлична от окна компоновки (макета), где осуществляется композиция окончательного картографического произведения, включающего также зарамочное и дополнительное оформление и содержимое. [gvSIG][Arcview GIS].
Г	
Геокодирование	Процесс, широко применяемый в геоинформатике, заключающийся в присвоении координат объектам на карте. В том случае, если координаты присваиваются, исходя из положения этих объектов на местности (например, присвоение координат X и Y объекту по его почтовому адресу) – данный процесс называется прямым геокодированием. При обратном геокодировании все происходит наоборот: формальный адрес (номер дома, название улицы, города) назначается объекту, чье местоположение уже определено координатами.
Географическая система координат	Двухмерная координатная система, в которой положение точки на эллипсоиде (или сфере) определяется двумя географическими координатами (широтой и долготой), измеряемыми в градусах. Для того, чтобы задать географическую систему координат – необходимо указать параметры эллипсоида, нулевой меридиан и единицы измерения углов (градусы, радианы и т.д.)

Д

Доступность	Степень легкости, с которой можно найти и получить те или иные наборы данных, различные объекты и прочую информацию. Если под «доступностью» подразумевается уровень доступа к тем или иным интернет-ресурсам, программным возможностям, а также легкость достижения определенной точки пространства, то чаще используется термин «accessibility».
Документ карты	В ArcMap: файл, который содержит карту, ее макет, а также связанные с ней слои, таблицы, диаграммы и отчеты. Документ карты можно распечатать или вставить в другие документы. Расширение файлов документов карты *.mxd.

Е

Единица измерения расстояний	Единицами измерения расстояний являются, например, километр, метр, фут, миля и др.
Единство измерений	Состояние измерений, при котором их результаты выражены в установленных единицах и погрешности измерений не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

З

Закладка	<ul style="list-style-type: none">• Избранная Интернет-ссылка в браузере.• В Итернет службе ESRI ArcWeb Services: закладка, в которой для дальнейшего использования сохранен текущий вид карты, включая охват, активные слои, стили их оформления и др.
Запрос	Выборка по различным параметрам (свойствам) выбранных объектов либо записей в базе данных или атрибутивной таблице слоя. Запрос задается в форме утверждения (равенства, неравенства и др.) или логического выражения.

И

Идентификатор (пространственного объекта)	Уникальная характеристика пространственного объекта, присваиваемая ему пользователем или назначаемая информационной системой, которая используется для фиксации связи координатных и адресных данных пространственных объектов.
Идентифицировать	Получить информацию об атрибутах объекта. В ArcGIS для этого используется инструмент Identify.
Источник данных	Фрагмент набора данных, сохраненный в определенном формате.

К

Калибровка снимка	Технологический процесс, заключающийся в определении элементов внутреннего ориентирования и геометрических искажений снимка. Существует несколько способов калибровки: звездная калибровка, полевая калибровка, самокалибровка.
Каналы	<p>Растры могут иметь один или несколько каналов. Многоканальные растры обычно называются мультиспектральными изображениями, а растры, содержащие до нескольких сотен каналов – гиперспектральными. Одноканальный набор растровых данных представляет одно явление, например высоту или длину волны только одного диапазона в электромагнитном спектре (чёрно-белый аэрофото-снимок).</p> <p>Каналы часто связаны со спектральным разрешением.</p>
Каталоги растров	Каталогом растров является коллекция наборов растровых данных, определенная в формате таблицы, в которой каждая строка указывает на отдельный набор растровых данных, включенный в каталог. Каталог растров может содержать тысячи отдельных изображений. Каталог растров обычно используется для отображения соседних, полностью или частично накладывающихся наборов растровых данных без построения одного большого мозаичного набора.

М

Местоположение, точка, область	Идентификатор географической области, заданный координатами. [GRASS] Область – географический район интереса, содержащий наборы данных, которые должны иметь одинаковую систему координат. Каждая область имеет директорию PERMANENT, которая содержит основную информацию об области.
Маска	<ul style="list-style-type: none">• Способ скрыть определенные части картографического изображения.• Область для которой производится операция. Например маска может захватывать часть изображения, которое надо обработать. Слой маски может иметь специальное название, например MASK.

Метаданные

Термин, используемый геопространственными организациями для описания ГИС-элементов по стандартной схеме. Это позволяет пользователям ArcGIS документировать свои элементы в соответствии со стандартами метаданных, поддерживаемыми огромным сообществом пользователей. Кроме того они дают возможность данным сообществам публиковать каталоги метаданных для всех своих участников, вследствие чего последние могут открывать и выкладывать в общий доступ свою географическую информацию.

Н

Набор растровых данных

Набором растровых данных называется любой поддерживаемый растровый формат, организованный в один или несколько каналов. Каждый канал состоит из массива пикселей (ячеек); каждый пиксель имеет некоторое значение. Набор растровых данных имеет как минимум один канал. Несколько наборов растровых данных могут быть пространственно соединены вместе (мозаицированы), в единый, большой, непрерывный набор.

Набор данных мозаики

Набор данных мозаики – это совокупность наборов растровых данных (изображений), хранящаяся как каталог и отображаемая как единое мозаичное изображение или отдельные изображения (растры). Наборы данных мозаики могут быть огромными и по размеру файла, и по количеству наборов растровых данных. Наборы растровых данных в наборе данных мозаики могут оставаться в исходном формате на диске или, при необходимости, быть загружены в базу геоданных. Метаданными можно управлять при записи растра так же, как и атрибутами в таблице атрибутов. Хранение метаданных как атрибутов позволяет использовать такие параметры, как легкое управление данными сенсора ориентации, а также позволяет выполнять быстрые запросы для выполнения выборок.

О

Отображение

Наборы растровых данных могут быть отображены, или визуализированы, на вашей карте несколькими способами. Визуализация – это процесс генерации данных на экране. Как именно происходит визуализация набора растровых данных, зависит от типа используемых данных. Некоторые растры имеют ранее заданную цветовую схему – цветовую карту – которую ArcMap автоматически использует для отображения. Если цветовой схемы нет, ArcMap сам выберет подходящую, затем, при необходимости, можно ее настроить.

Окно просмотра В окне просмотра в ArcCatalog отображается информация об элементах, которые выделяются в Дереве каталога. Есть несколько опций предварительного просмотра. Можно просматривать географию, атрибутивные таблицы и описания элементов.

II

Преобразование данных Преобразование (трансформация) данных – это процесс реорганизации или реструктуризации данных из формата источника в формат целевых данных.

Прямое считывание Прямое считывание – это способность быстро распознавать неродной формат в ArcGIS, не используя инструменты конвертации.

Р

Растр и изображение «Растр» и «изображение» – это два основных термина, которые могут заменять друг друга.

Изображение (или рисунок) – это двумерное графическое представление. Оно не зависит от длины волны или устройства дистанционного зондирования, например спутниковой или авиационной камер, либо наземного сенсора. Изображение воспроизводится на экране или распечатывается. Вы просматриваете изображения.

Растр – это модель данных, описывающая то хранимое изображение. Растр определяет пиксели (ячейки) в строках и столбцах, число каналов и битовую глубину, которые составляют изображение. При просмотре растра, вы просматриваете изображение растровых данных.

Также встречается другое определение растра, основанное на ячейках набор данных. Оно обычно не используется в документации ArcGIS.

Разрешение, масштаб и размер ячейки Разрешение, масштаб и размер ячеек (пикселей) могут описывать размеры пространственных объектов в растровых данных, но это не так просто. Например, существует четыре типа разрешения:

- спектральное разрешение описывает волны в электромагнитном спектре, используемом для создания изображения;
- временное разрешение относится к частоте, на которой захватываются изображения в том же месте на поверхности Земли;

- радиометрическое разрешение описывает способность сенсора различать объекты одной части электромагнитного спектра;

- пространственное разрешение – устанавливает связь между масштабом и размером ячейки. Пространственное разрешение (также известно как размер ячейки) – это измерение области на поверхности земли, представленной одной ячейкой. Масштаб – это соотношение расстояния на карте (или изображении) и соответствующего расстояния на местности, обычно выражаемое в виде дроби или отношения. Пространственное разрешение или размер ячейки влияет на уровень деталей, представленный изображением в любом масштабе.

Растровый продукт

Растровые продукты упрощают добавление изображений от определенных сенсоров или поставщиков данных на карту, поскольку каждый растровый продукт имеет уникальный набор усовершенствований и комбинацию каналов, обеспечивающих оптимальное представление данных. Другие растровые продукты отображаются в Каталоге вместо файлов метаданных, связанных с продуктами определенных поставщиков. Это информация в файлах метаданных, которая используется для генерации растровых продуктов, таких как спутниковые снимки Landsat 7 или QuickBird.

Т

Трансформер

Трансформер – это объект FME Workbench, который выполняет определенную перестройку структуры объектов или схемы. Это – визуальный объект, который добавляется в рабочую область и соединяется со считывающими устройствами исходных данных (source readers) и типами объектов записывающих устройств (редакторов) или с другими трансформерами.

Транслятор данных

Транслятор данных конвертирует данные из одного формата в другой. Например, транслятор данных может конвертировать данные MapInfo TAB в шейп-файл Esri.

У

Управляемые и неуправляемые данные

Растровые данные могут храниться в базе геоданных двумя способами – управляемым и неуправляемым. Управляемый набор растровых данных хранится внутри базы геоданных, тогда как неуправляемый – вне её.

Ф

Формат и тип растров	Формат растра определяет, хранимые пикселы, например, число строк, столбцов и число каналов, фактические значения пикселов и другие характерные параметры. Тип растра, например помогает идентифицировать метаданные, пространственную привязку, дату приобретения и тип сенсора, наряду с форматом растра.
Функции	Функции позволяют определить обработку, которая будет применяться к одному или нескольким растрам, в режиме реального времени при доступе к ним.
Формат данных	<p>Формат данных определяет кодирование цифровой информации и ее сохранение в файле или другом источнике данных.</p> <ul style="list-style-type: none">• Родные (native) форматы ArcGIS – это такие файлы, как шейп-файлы или покрытия, а также любой элемент в базе геоданных, например класс пространственных объектов или таблица;• Неродной (nonnative) или внешний (external) форматы – это файлы, не поддерживаемые ArcGIS напрямую. Примерами таких файлов являются в MapInfo – .mid / .mif или .tab , в Danish – .ufo, а также файлы Международной Гидрографической организации (International Hydrographic Organization – ИНО) S-57 .000 или .003.

Ц

Центроид	Точка – это геометрический центр объекта; для линии – середина линии, для полигона – центр полигона.
-----------------	--

Я

Ячейки и пикселы	<p>Пикселы часто используются как синонимы ячеек. Ячейка и пиксел являются наименьшими единицами информации растровых данных. Пиксел – это аббревиатура от словосочетания picture element (элемент изображения) и часто используется при описании изображения, в то время как ячейка часто используется при описании растровых данных.</p> <p>Ячейки и пикселы имеют измерения и значение. Они представляют такую информацию, как температура, тип почвы, высота, и такие объекты реального мира, как парки, озёра и здания.</p>
-------------------------	--

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- DEM (Digital Elevation Model) – цифровая модель рельефа.
- ER Model (entity relationship model) – модель «сущность-связь».
- ER-диаграмма (Entity Relationship Diagram) – диаграмма «сущность-связь».
- TIN – триангуляционная сеть .
- БД – база данных.
- БГД – база геоданных.
- ГИС – геоинформационная система.
- ДТП – дорожно-транспортное происшествие.
- ИБ – информационная база.
- ИС – информационная система.
- НФБК – нормальная форма Бойса Кодда.
- ПО – пространственный объект.
- САПР – систем автоматизированного проектирования.
- СУБД – система управления базами данных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Основные

1. Шекхар Ш. Основы пространственных баз данных / Ш. Шекхар, С. Чаула. – Москва : Кудиц-Образ, 2004. – 336 с.
2. Толстохатко В. А. Базы данных: проектирование та використання для обліку нерухомого майна: навч. посіб. / В. А. Толстохатко, Е. Е. Поморцева, І. М. Патракеєв. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 176 с.
3. Гурвиц Г. А. Microsoft Access 2010. Разработка приложений на реальном примере / Г. А. Гурвиц. – Киев : ВНУ, 2010. – 496 с.

Дополнительные

4. Джеффри Д. Ульман Введение в системы баз данных / Д. Ульман Джеффри, Уидом Дженнифер. – Москва : Лори, 2000. – 376 с.
5. Форт С. Программирование в среде Access 2000. Энциклопедия пользователя / С. Форт, Т. Хоуи, Дж. Релстон. – Киев : ДИА Софт, 2000. – 544 с.

Ресурсы сети Internet

6. Сайт «Геоинформационные системы для бизнеса и общества». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help>. – Загол. с экрана.
7. Сайт «ArcGIS resource» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dataplus.ru/index.php>. – Загол. с экрана.
8. Сайт «Высокие технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.citymap.odessa.ua>. – Загол. с экрана.
9. Сайт справки и обучения по приложениям Office корпорации Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://office.microsoft.com/ru-ru/access-help>. – Загол. с экрана.
10. Сайт «AccessSoft» по разработке баз данных с помощью Access [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.accessoft.ru/index.html>. – Загол. с экрана.

Навчальне видання

ПОМОРЦЕВА Олена Євгенівна

ПРОЕКТУВАННЯ БАЗ ГЕОДАНИХ

Навчальний посібник

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск *О. Є. Поморцева*

Редактор *А. О. Усенко*

Комп'ютерний набір *О. Є. Поморцева*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *Г. А. Коровкіна*

Підп. до друку 22. 06. 2016 р.

Друк на ризографі

Тираж 60 пр.

Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 8,2

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.